UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1935-1936. — N° 149

ÉTUDE

DE LA

CAPACITÉ VITALE

EN FONCTION DE LA TAILLE, DU POIDS ET DE LA SURFACE DU CORPS CHEZ L'ENFANT ET CHEZ L'ADULTE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 29 juillet 1936

PAR

Paul GUILLON

Élève du Service de Santé de la Marine

Né à VENDEUVRE-DU-POITOU (Vienne), le 13 janvier 1913

Examinateurs de la Thèse

MM. DELAUNAY, professeur..... *Président.*

ROCHER, professeur..... *Juges.*

FABRE, agrégé..... *Juges.*

WANGERMEZ, agrégé..... *Juges.*

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, Place Saint-Christoly

1936

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543912_0039

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1935-1936. — N° 149

ÉTUDE

DE LA

CAPACITÉ VITALE

EN FONCTION DE LA TAILLE, DU POIDS ET DE LA SURFACE DU CORPS CHEZ L'ENFANT ET CHEZ L'ADULTE

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 29 juillet 1936

PAR

Paul GUILLON

Élève du Service de Santé de la Marine

Né à VENDEUVRE-DU-POITOU (Vienne), le 13 janvier 1913

Examinateurs de la Thèse

MM. DELAUNAY, professeur..... *Président.*

ROCHER, professeur.....

FABRE, agrégé..... *Juges.*

WANGERMEZ, agrégé.....

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, Place Saint-Christoly

—

1936

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN : M. MAURIAC.

ASSESSEUR : M. LABAT.

DOYEN HONORAIRE : M. C. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, RIVIÈRE, BARTHE, DENIGÈS, BEILLE, CASSAËT, CHAVANNAZ, PACHON.

PROFESSEURS :

	MM.
Clinique médicale	MAURIAC.
id.	DUPÉRIÉ.
Clinique chirurgicale	BÉGOUIN.
Clinique chirurgicale et gynécologique	GUYOT.
Pathologie et thérapeutique générales	CARLES.
Clinique d'accouchements	ANDÉRODIAS.
Anatomie pathol. et microscopie clinique	SABRAZÈS.
Anatomie	VILLEMIN.
Anatomie générale et histologie	G. DUBREUIL.
Hygiène	LEURET.
Médecine légale et déontologie	LANDE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic.	RÉCHOU.
Chimie	CHELLE.
Botanique et matière médicale	GOLSE.
Pharmacie	DUPOUY.

	MM.
Zoologie et parasitologie	MANDOUL.
Médecine expérimentale	AUBERTIN.
Clinique ophtalmologique	TEULIÈRES
Clinique chirurg. infantile et orthopédie	ROCHER.
Clinique méd. des maladies des enfants	CRUCHET.
Chimie biologique et médicale	DELAUNAY
Physique médicale et pharmaceutique	C. SIGALAS.
Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques	BONNIN.
Clinique des malad. cutanées et syphilitiques	PETGES.
Clinique des maladies des voies urinaires	DUVERGEY
Clinique des malad. nerveuses et mentales	ABADIE.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN.
Toxicologie et hygiène appliquée	LABAT.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CREYX.
Clinique dentaire	DUBECQ.

MM. LACOSTE (Histologie). PERY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). PAPIN (Chirurgie générale). R. SIGALAS (Parasitologie et sciences naturelles). JEANNENEY (Chirurgie générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.
Anatomie	N.
id.	DUFOUR.
Physiologie	FABRE.
Médecine générale	DAMADE.
id.	PIÉCHAUD.
id.	DELMAS-MARSALET.
id.	DE GRAILLY.
id.	FONTAN.

	MM.
Chirurgie générale	CHARRIER.
id.	LOUBAT.
Obstétrique	RIVIÈRE.
Ophtalmologie	BEAUVIEUX.
Oto-rhino-laryngologie	DESPONS.
Dermatologie et syphiligraphie	JOULIA.
Physique médicale	WANGERMEZ.
Chimie générale pharmaceut. et toxicologie	VITTE

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.
Physiologie	FABRE.
Médecine opératoire	PAPIN.
Accouchements	RIVIÈRE.
Pathologie médicale	DELMAS-MARSALET.
Puériculture	FAUGÈRE.
Pharmacie chimique	VITTE.

	MM
Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS.
Physique médicale et pharmaceut que	WANGERMEZ.
Botanique	GIRARD.
Médecine légale	DERVILLÉE.
Bactériologie	MOUREAU.
Urologie	DARGET.

Ophtalmologie ..... MM. CABANNES (en congé).

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A MES PARENTS

A MES AMIS

A Monsieur le Médecin Général CAZAMIAN

Directeur de l'Ecole principale du Service de Santé
de la Marine et des Troupes coloniales,
Officier de la Légion d'honneur,
Officier du Mérite maritime,
Officier de l'Instruction publique.

A Monsieur le Médecin en Chef BRUN

Sous-Directeur de l'Ecole principale du Service de Santé
de la Marine et des Troupes coloniales,
Officier de la Légion d'honneur,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.

A MES PROFESSEURS DE L'ECOLE DE SANTE NAVALE

A MES MAITRES DE LA FACULTE ET DES HOPITAUX

A MES JUGES

A Monsieur le Professeur agrégé R. FABRE

Chargé du Cours complémentaire de Physiologie,
Chargé de Cours à l'Institut d'Education physique,
Médaille militaire,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.

Nous lui exprimons ici notre profonde reconnaissance pour la grande bienveillance avec laquelle il nous a prodigué ses conseils et guidé dans notre travail.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR H. DELAUNAY

Professeur de Chimie biologique
Membre correspondant de la Société de Biologie,
Docteur ès Sciences,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.

Qui a bien voulu nous faire l'honneur
d'accepter la présidence de cette thèse.

ÉTUDE

DE LA

CAPACITÉ VITALE

EN FONCTION DE LA TAILLE, DU POIDS ET DE LA SURFACE DU CORPS CHEZ L'ENFANT ET CHEZ L'ADULTE

INTRODUCTION

De nos jours, on semble délaisser de plus en plus l'étude des phénomènes mécaniques de l'acte respiratoire et de la ventilation pulmonaire pour s'orienter vers la recherche des phénomènes intimes qui se produisent au sein de l'alvéole pulmonaire. Et pourtant, les procédés simples dont disposaient les anciens auteurs pour déterminer la valeur possible des échanges gazeux de l'individu ne méritent peut-être pas qu'on les relègue ainsi au second plan; de leur emploi, on doit pouvoir encore tirer plus d'un enseignement.

Intéressé par l'étude de la physiologie appliquée à l'éducation physique, nous avons ainsi pu constater combien est importante, tant au point de vue contrôle sportif chez l'ado-

lescent et chez l'adulte qu'au point de vue hygiène scolaire chez l'enfant, la recherche de la valeur spirométrique d'un sujet. Il suffit, d'ailleurs, de fréquenter un peu les milieux sportifs pour connaître toute la valeur que prend dans la bouche d'un athlète l'expression « avoir du souffle ». C'est par là que se fait la sélection, et c'est pour améliorer ses possibilités respiratoires dans les limites qui lui sont permises par son développement physique que le sportif se livre à un entraînement méthodique et progressif. Dès lors, ne serait-il pas intéressant de rechercher si, étant donné un sujet, on ne peut évaluer ses possibilités respiratoires, en fonction de diverses mesures anthropométriques qui le caractérisent et lui dire si, étant donné sa constitution, la valeur de ses poumons se trouve en harmonie avec le développement de son organisme tout entier ? C'est dans ce but que, sur les conseils et sous la direction de M. le Professeur agrégé Fabre, nous avons entrepris ce travail. Nous avons effectué une série de mesures sur des individus de tous âges et de toutes conditions, dans l'espoir de trouver une relation simple, qui permît, d'après quelques données précises mais rapidement obtenues, de juger si le sujet examiné pouvait être considéré comme normal, très robuste, ou insuffisant au point de vue pulmonaire.

De nombreux travaux ont été déjà publiés sur la question, mais nous verrons que la plupart se sont montrés insuffisants, et les formules proposées, quoique basées en général sur une expérimentation rigoureuse, se sont toutes, à l'usage, révélées applicables seulement à un nombre de cas bien limité. Nous avons voulu obtenir un résultat valable pour n'importe quel sujet, et c'est pourquoi nous avons tenu à réunir un nombre suffisant de mesures effectuées sur des catégories d'individus bien différents, et recueillies de façon aussi méticuleuse que possible. Nous avons expérimenté sur des étudiants, sur des malades, sur des sportifs, sur des enfants. Qu'il nous soit permis de remercier ici tous ceux

qui ont bien voulu nous aider dans cette tâche parfois un peu fastidieuse, et tout particulièrement M. le Directeur de la Piscine municipale de Bordeaux, M. l'Inspecteur d'Académie, ainsi que Mme la Directrice et M. le Directeur du groupe scolaire de la rue Casemajor, qui nous ont réservé l'accueil le plus aimable. Nous remercions aussi le Docteur Daméron, qui nous a fourni l'occasion de recueillir chez lui un grand nombre d'observations intéressantes.

PLAN D'ENSEMBLE

Nos recherches ont été basées sur l'étude de la capacité vitale d'Hutchinson, évaluée par la méthode spirométrique et étudiée en fonction de trois facteurs somatiques susceptibles de définir très exactement le sujet considéré : taille, poids et surface corporelle.

Nous étudierons donc dans un premier chapitre la méthode spirométrique, les résultats obtenus par cette méthode pour l'évaluation des différentes marges de la ventilation pulmonaire et pour la mesure de l'indice spirométrique ou capacité vitale.

Nous passerons ensuite en revue les relations de cette capacité vitale avec diverses valeurs somatiques et les méthodes employées pour sa détermination indirecte; nous signalerons les multiples formules proposées pour cette détermination. Nous discuterons à ce moment la valeur de ces formules, ainsi que celle des coefficients destinés à évaluer ce qu'on pourrait appeler la robusticité respiratoire d'un sujet considéré.

Nous exposerons dans la troisième partie de cette étude notre technique expérimentale, et nous donnerons les résultats détaillés des mesures obtenues, pour terminer par un tableau des moyennes calculées pour les divers facteurs dans chaque catégorie d'individus.

Enfin, nous établirons d'après ces résultats la relation permettant de calculer la capacité vitale d'après les diverses données de l'expérience, en signalant la marge des variations normales et la précision qu'on peut en attendre. Nous établirons aussi, par un certain nombre d'exemples pris dans chaque série, l'exactitude des résultats obtenus.

1

METHODE SPIROMETRIQUE. CAPACITE VITALE

A. — *Etude de la méthode spirométrique.*

Historique.

L'étude de la ventilation pulmonaire ne date pas d'aujourd'hui, et il y a fort longtemps déjà qu'on a voulu évaluer la quantité d'air qui pénètre dans les poumons à chaque inspiration. C'est Borelli qui, en 1679, fait les premières tentatives de mesure; puis la question est reprise en Angleterre, et Keill (1708) et Hales (1733) réalisent des expériences plus précises que les précédentes. Mais aucun appareil commode n'avait encore été imaginé. Ce n'est qu'en 1846 qu'Hutchinson mit au point un procédé simple et suffisamment exact : la spirométrie. L'appareil qu'il inventa, encore connu sous le nom de spiromètre d'Hutchinson, fut utilisé par son auteur pour de nombreuses déterminations, et en particulier pour l'étude des phtisiques qu'il soignait dans son hôpital de Londres. Il définit la capacité vitale, en détermina la valeur moyenne chez l'individu normal des deux sexes, et put en tirer des conclusions intéressantes pour l'emploi de la méthode spirométrique en clinique. Très vite, le spiromètre fut connu en Allemagne, où il fit l'objet des travaux de Simon et Vogel, puis à Vienne, où il fut étudié par Albers. En 1854, Wintrich modifie l'appareil d'Hutchinson et publie de nombreuses mesures qui lui permettent en particulier de donner la valeur de la capacité vitale en fonction de la taille aux différents âges de la vie.

En France, l'usage du spiromètre est introduit en 1851 par Schützenberger, de Strasbourg; il fait l'objet, quatre ans plus tard, d'un important travail de Hecht. Dès lors, le principe de la méthode fut rapidement connu dans notre pays, l'usage s'en répandit, et de nombreux auteurs cherchèrent à améliorer la technique; on décrivit un grand nombre de types nouveaux d'appareils. On fit entrer dans la pratique médicale courante l'usage du spiromètre, d'abord en Allemagne, puis en France et en Amérique.

Actuellement, son utilité a surtout été mise en valeur au point de vue de la rééducation respiratoire, tant chez les enfants insuffisants respiratoires que chez tous les malades adultes dont l'affection a pu troubler la puissance de ventilation pulmonaire. Signalons en particulier les travaux de Pescher, qui a imaginé pour cet usage un appareil pratique et qui s'est fait l'apôtre de la méthode.

Notons enfin l'utilisation courante du spiromètre comme élément du contrôle sportif, qu'il s'agisse d'évaluer l'aptitude d'un sujet à telle ou telle catégorie d'exercices physiques ou de surveiller l'athlète au cours de son entraînement.

Divers types d'appareils.

Nous ne saurions énumérer ici tous les modèles de spiromètres qui ont été successivement proposés. Nous verrons qu'ils sont tous basés sur quelques principes fondamentaux, et qu'il n'y a lieu de retenir que deux ou trois types principaux dont tous les autres appareils ne sont que des variantes. Citons pourtant les plus connus :

— Le spiromètre d'Hutchinson (modifié par Schnepf);

— Le spiromètre de Boudin, constitué par un sac de caoutchouc sur lequel on a adapté une tige graduée, qui se déplace par rapport à un demi-cercle métallique fixe coiffant la partie supérieure du sac;

— Le pneumatomètre de Bonnet, basé sur le principe du compteur à gaz;

— Le pneusimètre à hélice de Guillet, dont le fonctionnement est tout à fait comparable à celui d'un anémomètre;

— Les spiromètres doubles de Holmgren et Leven;

— Le spirométrographe de Tschiriew;

— Le spiromètre d'Hanriot et Richet, du type compteur à gaz;

— L'appareil de Panum, spiromètre muni d'un appareil inscripteur;

— L'anapnographe de Bergeon et Kastus, muni d'une valve mobile portant un style inscripteur;

— L'aéropléthysmographe de Gad;

— L'appareil de Charles Verdin;

— Et enfin, celui que nous étudierons tout à l'heure avec quelque détail, le nouveau spiromètre de Boulitte.

Le dispositif primitif, auquel, d'ailleurs, nous le verrons, on revient actuellement, n'est autre qu'une cloche de gazomètre. Mais on a aussi utilisé le dispositif du compteur à gaz (appareils de Bonnet, d'Hanriot et Richet), et un dispositif assez particulier réalisé dans l'appareil de Verdin.

Le principe des appareils type compteur à gaz est le suivant : dans une boîte métallique munie de deux orifices d'entrée et de sortie diagonalement opposés, l'air expiré par le sujet arrive par un tube de caoutchouc à l'orifice d'entrée; le courant d'air produit met en mouvement une série d'ailettes fixées sur un axe dont la rotation est transmise à une aiguille se déplaçant sur un cadran gradué.

L'appareil de Charles Verdin, qui a été et est encore très employé parce que facilement transportable, est constitué par une caisse métallique dans laquelle se trouve enfermé une sorte d'accordéon de cuir à parois souples; l'air arrivant dans la caisse pénètre d'abord dans l'accordéon qu'il déplie; lorsque celui-ci est complètement rempli d'air et se trouve à bout de course, l'air expiré par le sujet se dirige non plus dans l'accordéon, mais dans le reste de la caisse, tandis que l'accordéon, qui est ainsi comprimé, chasse à l'extérieur l'air

qu'il contenait. L'accordéon vide, le dispositif s'inverse à nouveau et réalise les mêmes conditions qu'au début. Le cycle recommence et l'arrivée de l'air dans l'appareil détermine ainsi un va-et-vient de l'accordéon. Ce mouvement est transmis à une aiguille qui tourne sur un cadran. Il est donc facile de lire sur ce cadran la quantité d'air exhalée par le sujet au cours d'une expiration. Mais on a adapté sur le premier cadran un système permettant d'additionner les résultats d'une série de mesures successives, et le premier cadran étant gradué en décilitres et en litres, deux autres cadrans marquent respectivement les dizaines et les centaines de litres. Cet appareil semble donc très commode, aussi bien pour une expérience isolée que pour la lecture du résultat total d'une suite, même longue, d'expériences. Pourtant, la précision des chiffres obtenus avec le dispositif de Verdin ou avec le dispositif du compteur à gaz est loin d'être ce qu'on était en droit d'espérer; en effet, dans un cas comme dans l'autre, l'appareil ne s'arrête jamais au moment précis où le sujet a fini de souffler, mais, en vertu de la vitesse acquise, l'aiguille dépasse toujours un peu la graduation donnant le résultat exact; et on a pu constater, en comparant les chiffres obtenus successivement avec ces dispositifs et avec l'appareil d'Hutchinson, que les premiers donnaient toujours un résultat un peu trop élevé. Néanmoins, les deux types d'appareils précédents, compteur à gaz et Verdin, et surtout ce dernier, étaient encore très employés jusqu'à maintenant, étant donné l'incommodité du vieil appareil d'Hutchinson qui, s'il était précis, était vraiment par trop encombrant.

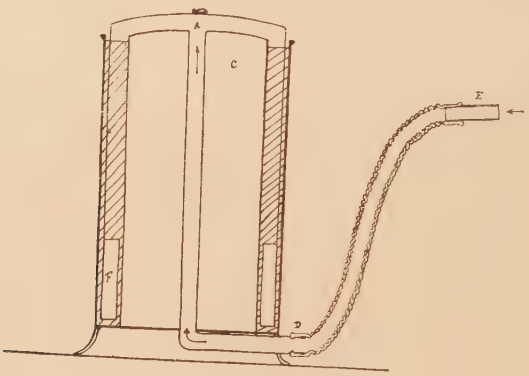
Ce spiromètre, en effet, a été construit d'après le principe du gazomètre. C'est une cuve cylindrique remplie d'eau sur laquelle est renversée une cloche de même forme et de diamètre à peine inférieur; par le fond de la cuve, l'air expiré et amené par un tuyau de caoutchouc pénètre sous la cloche grâce à un tube qui occupe la partie centrale de la cuve et débouche à la surface de l'eau sous le fond de la cloche. Mais l'air doit pouvoir pénétrer sans avoir à vaincre la résistance due

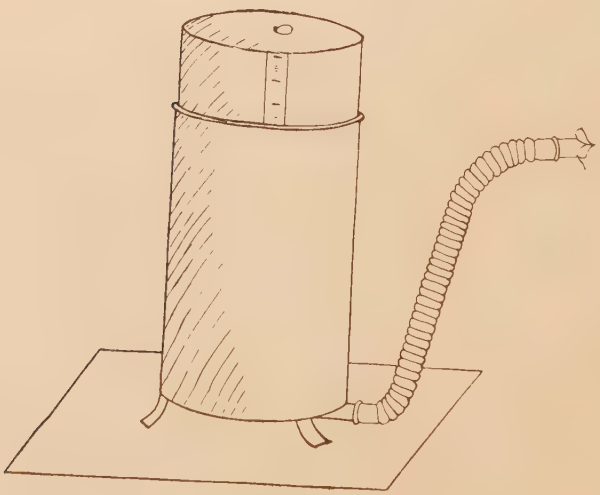
au poids de la cloche; aussi a-t-on adapté à celle-ci une chaînette qui passe sur une poulie et supporte à l'autre bout un contrepoids. La chaînette est calibrée de telle façon que, dans n'importe quelle position de la cloche, le système soit rigoureusement équilibré. En outre, le contrepoids porte un index se déplaçant sur une règle graduée, sur laquelle on lit la quantité d'air expirée par le sujet.

Ce dispositif ne comporte pas les causes d'erreur signalées pour les précédents, mais les mesures en série sont impossibles, car la cloche doit être vidée après chaque expérience. En outre, l'installation du contrepoids nécessite un système de potence qu'il est très mal commode de déplacer. L'ensemble de l'appareil est donc beaucoup trop volumineux pour qu'on puisse le transporter avec soi partout où l'on désire se livrer à des expériences. C'est pourquoi on a cherché à réaliser un spiromètre de même type et d'une aussi grande précision, mais plus facilement utilisable dans la pratique; et c'est ainsi que Boulitte est parvenu à construire un nouvel appareil dont nous allons maintenant donner la description détaillée, puisque c'est celui que nous avons choisi pour effectuer nos mesures (voir figure p. suiv.).

C'est, comme l'appareil d'Hutchinson, une cloche renversée sur une cuve à eau, mais cette cloche est construite de telle façon qu'elle flotte et que la résistance qu'elle offre à l'air qui la soulève soit pratiquement nulle. En effet, elle est faite d'une lame de maillechort très mince et supporte à sa partie inférieure un flotteur constitué par une portion creuse F, dont le volume est calculé pour que la pression exercée par l'eau en vertu du principe d'Archimède compense exactement le poids de la cloche. Le flotteur restant immergé en quelque point de son parcours que se trouve la cloche, la force qui soutient celle-ci reste toujours sensiblement la même, la seule surcharge supportée venant de la portion de la paroi de la cloche qui sort de l'eau lorsqu'elle se soulève; la lame qui constitue cette paroi étant extrêmement mince, le volume émergé est toujours très faible par

rapport à celui du flotteur, qui reste immergé, et la différence de pression exercée par l'eau est tout à fait négligeable. C'est par ce procédé commode qu'on a pu supprimer le contrepoids de l'appareil d'Hutchinson. En outre, afin que le volume





d'eau nécessaire pour remplir la cuve soit aussi faible que possible, celle-ci est à double paroi, c'est-à-dire que, sous la cloche, et la supportant à sa partie supérieure lorsqu'elle est vide, se trouve un cylindre creux mais fermé en bas et en haut et traversé seulement par le tuyau qui amène l'air expiré sous la cloche en A. Ce tuyau est relié par un tube de caout-

choue souple à l'embout que le sujet prend dans sa bouche pour souffler dans l'appareil. Le volume d'air expiré est lu sur une règle graduée R fixée sur la paroi externe de la cloche et qui sort de la cuve à mesure que la cloche s'élève; il suffit de lire sur la graduation le chiffre correspondant au trait qui répond au rebord de la cuve pour avoir, en litres et décilitres, le volume d'air cherché. Les mesures une fois terminées, il suffit de vider la cuve, et l'appareil, d'un poids minime, peut être facilement transporté. Pour utiliser à nouveau l'appareil, le remplissage de la cuve ne demande qu'une faible quantité d'eau. Pour le transport, on enlève également le tube de caoutchouc qui s'adapte en D au tuyau d'arrivée. Quant aux embouts E, ils sont en verre, faciles à désinfecter en les trempant dans l'alcool après chaque expérience. La simplicité même de cet appareil nous montre donc qu'aucune cause d'erreur ne saurait intervenir dans les mesures qu'il nous a permis de pratiquer; le volume d'air expiré peut facilement être évalué à 50 cm^3 près, ce qui est une approximation largement suffisante.

B. — *Résultats obtenus par la méthode spirométrique. Capacité vitale.*

La ventilation pulmonaire et ses différentes marges.

Au cours de la respiration normale, en période de calme, chaque inspiration fait pénétrer dans nos poumons une certaine quantité d'air qu'on appelle *air courant*.

Air courant (*respiratory air* d'Hutchinson) : C'est le volume d'air compris entre une inspiration normale et une expiration normale.

Si, mettant en jeu le mécanisme de l'inspiration forcée, nous cherchons à remplir nos poumons au maximum, nous faisons entrer dans notre arbre respiratoire une quantité d'air supplémentaire qu'on nomme *air complémentaire*.

Air complémentaire (*breathing air*) : C'est le volume d'air compris entre une inspiration normale et une inspiration forcée.

Si, d'autre part, après une expiration normale, nous pratiquons une expiration forcée, nous chassons de nos poumons une nouvelle quantité d'air, qui est dite *air de réserve*.

Air de réserve (*reserve air*) : C'est le volume d'air compris entre une expiration normale et une expiration forcée.

Enfin, même après une expiration poussée à fond, l'appareil bronchopulmonaire ne saurait être complètement vide; il y reste une certaine quantité d'air qu'on a appelée : *air résiduel* (*residual air*).

Pour imaginer les rapports de ces divers volumes de l'air contenu dans les poumons ou susceptible d'y pénétrer par le jeu de la cage thoracique, il est commode de les représenter dans un schéma simple qu'on nomme : schéma du soufflet thoracique de Jolyet et Viault, et dans lequel l'appareil pulmonaire est comparé à un soufflet muni d'un seul orifice sans clapet. Les diverses positions du volet mobile marquent les différentes étapes de l'ampliation thoracique, et par conséquent de la réplétion pulmonaire.

La somme des volumes :

air résiduel + air de réserve + air courant + air complémentaire

constitue la *capacité pulmonaire maxima ou volume pulmonaire maximum*.

Si l'on retranche de cette somme l'air résiduel, qui ne peut jamais être expulsé des poumons, on obtient un ensemble constitué par :

air de réserve + air courant + air complémentaire.

C'est le volume d'air maximum qu'un sujet soit capable de chasser de ses poumons au cours d'une expiration forcée, après avoir effectué au préalable une inspiration forcée. Cette quantité est connue sous le nom de *capacité vitale*, ou *indice spirométrique* (*vital respiratory capacity* d'Hutchinson).

Quant à la somme : air résiduel + air de réserve, c'est la *capacité pulmonaire de Gréhant.*

Enfin, comparant entre eux les divers volumes d'air que nous avons définis ci-dessus, Ströhl a appelé *indice respiratoire* le rapport : $\frac{\text{air courant}}{\text{capacité vitale}}$ qui indique dans quelle mesure un sujet met normalement à contribution ses possibilités respiratoires, et Gréhant a désigné sous le nom de *coefficient de ventilation* le rapport :

$$\frac{\text{air vicié}}{\text{air pur}} = \frac{\text{air courant}}{\text{air résiduel + air de réserve}}$$

C'est la quantité d'air nouveau qui, après chaque mouvement de ventilation, reste dans l'unité de volume de l'espace ventilé.

Mesure des différents éléments de la capacité pulmonaire maxima.

Les divers facteurs dont l'ensemble constitue la capacité vitale avaient pu être numériquement évalués par Hutchinson à l'aide de son spiromètre, et, chez l'adulte moyen normal, il avait donné les résultats suivants :

air courant : 500 cm^3 environ;
air complémentaire : 1.500 cm^3 environ;
air de réserve : 1.500 cm^3 environ.

Mais le dernier facteur de la capacité pulmonaire maxima, l'air résiduel, ne pouvait évidemment être mesuré par cette méthode. Et Gréhant imagina pour l'étudier un procédé qui est dit procédé de la cloche à hydrogène. Il consiste à faire respirer le sujet dans une atmosphère d'hydrogène jusqu'à ce que le mélange de ce gaz avec l'air contenu dans les poumons du sujet soit absolument homogène; on analyse alors le contenu de la cloche et, d'après la proportion des divers gaz, on calcule la quantité d'air qui se trouvait enfermée dans les poumons de l'individu en expérience. Cette technique permit à son auteur de reprendre et de compléter les recherches

d'Hutchinson, et il publia les résultats de ses mesures, qui sont les suivants :

air résiduel : 1.200 cm^3;
air de réserve : 1.600 cm^3;
air courant : 500 cm^3;
air complémentaire : 1.670 cm^3.

Depuis lors, on n'a guère entrepris de vérification systématique de ces diverses valeurs. Les traités classiques de physiologie humaine, reprenant toujours les mêmes chiffres, indiquent que la capacité vitale de l'homme adulte moyen est voisine de 3 l. 500, et que, d'autre part, les volumes d'air complémentaire et d'air de réserve sont pratiquement égaux entre eux et de l'ordre de 1 l. 500, tandis que l'air courant est fixé à 0 l. 500; indications analogues chez l'enfant, toutes proportions gardées par rapport à la valeur de la capacité vitale. Et pourtant, si l'on se livre à des déterminations spirométriques en série, il est difficile de ne pas remarquer la variabilité des chiffres obtenus, surtout en ce qui concerne les valeurs respectives de l'air complémentaire et de l'air de réserve. C'est ce qu'ont fait remarquer R. Fabre et R. Guichard, et ils ont montré qu'on devait abandonner le dogme de l'égalité volumétrique de ces deux éléments de la capacité vitale. Dans une première série de mesures effectuées sur des adultes jeunes, dont l'âge, la taille et le poids étaient pratiquement les mêmes, ils ont obtenu les moyennes suivantes :

air courant : 600 cm^3;
air de réserve : 1.000 cm^3;
air complémentaire : 2.000 cm^3.

Expérimentant ensuite sur une série d'enfants dont l'âge, la taille et le poids étaient pratiquement comparables, ils ont donné les résultats qui suivent :

air courant : 600 cm^3;
air de réserve : 390 cm^3;
air complémentaire : 800 cm^3.

Ils ont pu finalement conclure de l'ensemble des déterminations effectuées que, contrairement aux données classiques, l'air de réserve et l'air complémentaire ont des valeurs extrêmement différentes suivant les sujets; que les écarts numériques entre ces deux éléments de la capacité vitale sont parfois très importants, leur rapport pouvant atteindre un tiers; que l'air complémentaire, dont la valeur classique est de 1 l. 500 chez l'adulte normal, se trouve fréquemment égal à 2 et 3 litres chez des sujets absolument normaux; que l'air courant en respiration calme ne présente pas davantage la fixité qu'on a cru pouvoir lui assigner; qu'enfin l'air de réserve est lui aussi soumis à des variations individuelles importantes et que, d'une manière générale, son volume se montre très inférieur à celui de l'air complémentaire.

Valeurs obtenues pour la capacité vitale. Variations.

Dans l'étude quantitative de la ventilation pulmonaire, il est une donnée qui présente un intérêt tout particulier au point de vue pratique; c'est la capacité vitale d'Hutchinson. Et c'est pour sa mesure qu'on emploie le plus couramment le spiromètre. Rappelons qu'elle représente le volume d'air maximum qu'un sujet soit susceptible de chasser de ses poumons, après les avoir au préalable complètement remplis; nous pouvons donc dire que nous évaluons ainsi la plus grande quantité d'air frais qu'un mouvement respiratoire soit capable de faire pénétrer dans les alvéoles pulmonaires; or, les échanges gazeux qui s'effectuent à ce niveau, et qui sont le reflet de la vie cellulaire, s'ils ne sont pas en relation directe avec la rapidité du renouvellement de l'air dans l'arbre respiratoire, marquent du moins un certain parallélisme avec ses variations. Nous sommes donc en droit d'espérer que la valeur obtenue pour la capacité vitale nous renseignera sur l'ordre de grandeur de ces échanges.

Il nous sera par suite bien difficile de donner un chiffre moyen pour cette capacité vitale, qu'il ne nous est permis

d'évaluer qu'en fonction de l'intensité du travail tissulaire; et celui-ci ne peut être apprécié que par l'étude d'un certain nombre de facteurs somatiques tels que taille, poids, surface du corps. C'est donc en fonction de ces données seulement qu'on devra noter les valeurs moyennes de la capacité vitale, et nous reviendrons bientôt sur ce sujet.

Toutefois, en spécifiant bien que nous considérons des adultes normaux moyens, nous noterons les résultats qu'il est classique de reproduire depuis Hutchinson :

homme → CV = 3.500 cm³;
femme → CV = 2.500 cm³.

Vierordt donne, pour l'homme : 3.500 cm³.
Gréhant évalue CV :

chez l'homme vigoureux, à 3.770 cm³;
chez la femme, à 2.500 cm³.

Enfin, d'après quelques auteurs classiques, on a :

air complémentaire + air courant + air de réserve = CV.

Beaunis → 500 + 1.670 + 1.600 = 3.770;
Laulanié → 500 + 1.670 + 1.600 = 3.770.
Arthus → 500 + 1.670 + 1.600 = 3.770.
Gley → 500 + 1.500 + 1.500 = 3.500.

Nous verrons que, d'après les travaux plus récents, on tend à considérer ces chiffres comme nettement trop faibles; nous avons obtenu personnellement des valeurs sensiblement supérieures à celles que nous venons de signaler. Quoi qu'il en soit, cette valeur moyenne de la capacité vitale est susceptible de subir, en dehors des variations que nous notions précédemment, des modifications qui sont de deux ordres : physiologique et pathologique.

1° A l'état physiologique :

Il est évident que le résultat obtenu dans la mesure de l'indice spirométrique varie avec l'âge,

Hutchinson considère que le maximum se trouve vers 30 ans et donne les chiffres suivants :

15 à 25 ans	3.600
25 à 35 ans	3.650
35 à 45 ans	3.350
45 à 55 ans	3.150
55 à 65 ans	2.950

D'après Schnepf, ce maximum se placerait vers 20 ans. Pour Lemon et Mœrsch, aucune influence de l'âge jusqu'à 50 ans; cette opinion a été partagée par Dreyer, par Peabody et Wentsworth, Byron et Bowden, qui notent pourtant qu'après 50 ans il y aurait une chute rapide du chiffre de la capacité vitale. Il est évident que ces divers auteurs ne considéraient que les adultes; mais, même pour cette catégorie de sujets, nous avons noté des variations nettes avec l'âge, et les résultats obtenus d'après nos mesures personnelles sont en concordance avec les conclusions données à ce sujet par Piolti, et d'après lesquelles la valeur de l'indice spirométrique augmenterait jusqu'à 25 ans, pour décroître ensuite.

L'influence de la race des sujets observés a été également mise en valeur par Piolti, et cette remarque présente un certain intérêt, car elle nous donne peut-être l'explication des différences considérables entre les résultats obtenus par les expérimentateurs dans les divers pays.

Les chiffres trouvés varient aussi suivant l'heure à laquelle on fait les mesures; c'est ainsi qu'en période digestive on obtient des résultats nettement inférieurs à ceux obtenus loin des repas. Ces variations semblent faciles à expliquer par la gêne qu'apporte au jeu du diaphragme l'état de réplétion gastrique et de congestion de tous les viscères abdominaux pendant la digestion. Il convient d'ailleurs de noter que ces variations sont, ou minimes, ou très importantes, suivant les sujets, et c'est la raison pour laquelle, comme nous l'indiquerons plus loin, de bonnes mesures doivent être recueillies à des heures suffisamment éloignées des repas. A ce point de vue également, il nous faut signaler l'influence de la posi-

tion du sujet en expérience. C'est ainsi qu'Hutchinson, expérimentant sur lui-même, avait noté les chiffres suivants :

debout, 4.260 cm^3;
assis, 4.180 cm^3;
couché sur le dos, 3.770 cm^3;
couché sur le ventre, 3.600 cm^3

Il est donc important d'effectuer les mesures sur un sujet debout, dans des conditions telles que rien ne gêne le libre jeu de sa cage thoracique.

Mais surtout, la capacité vitale est susceptible de varier à l'état physiologique suivant le degré d'entraînement de l'individu considéré. Des déterminations précises ont été faites à ce point de vue par White et Mac Guire, qui, examinant les soldats d'un camp d'entraînement militaire, donnent comme moyennes :

avant entraînement, 4.200 cm^3;
après entraînement, 4.480 cm^3.

Au cours de nos expériences, nous avons eu nous aussi l'occasion d'examiner un assez grand nombre de sportifs, et nous verrons qu'en comparant les chiffres recueillis chez eux et ceux obtenus chez des sujets normaux de même âge, même taille, et même poids, mais ne s'adonnant pas régulièrement aux exercices physiques, on constate une différence très nette. Nous avons d'ailleurs pu pratiquer chez un groupe de sportifs (nageurs et rameurs) des séries d'expériences au cours de la période d'entraînement annuelle; les premières mesures étaient prises pendant la période de repos et les dernières au moment où, en vue des compétitions, l'entraînement était poussé à fond. Pour chaque sujet, entre la première et la dernière mesure, l'accroissement constaté était couramment de 400 et 500 cm^3 pour des capacités vitales de 4 à 5 litres, correspondant donc à peu près au 1/10 de la valeur primitive. Peut-être d'ailleurs pourrait-on voir là un moyen commode de vérifier la bonne conduite et les résultats favo-

rables d'un entraînement, et l'on admettrait qu'il est bien réglé si, par des mesures de l'indice spirométrique à intervalles réguliers, on constatait un accroissement progressif de sa valeur, atteignant finalement 10 p. 100 du chiffre initial.

Mais la mesure de la capacité vitale présente également un intérêt dans la pratique médicale par ses variations en sens inverse. Nous allons donc maintenant considérer les modifications pathologiques qu'on observe généralement, et qui consistent en une diminution plus ou moins accentuée de la valeur obtenue.

2° A l'état pathologique.

Ayant pratiqué des déterminations sur une série de malades chirurgicaux, Mœrsch en arrive à la conclusion que « tout ce qui influence les fonctions normales et l'activité des poumons a un retentissement direct sur la capacité vitale ». Et l'on n'est pas étonné de constater en effet qu'un sujet dont une partie du parenchyme pulmonaire se trouve fonctionnellement supprimée ou dont la cage thoracique a perdu son élasticité normale voit sa capacité vitale diminuer proportionnellement au développement plus ou moins avancé de ses lésions; on imaginera aussi facilement qu'un résultat inférieur à la normale doive être obtenu chez un cardiaque dont la lésion, mal compensée, entretient un état de congestion passive, dont le dernier stade sera l'œdème aigu du poumon. Arnold avait bien étudié cette diminution dans toutes les affections ayant une influence directe sur la ventilation pulmonaire, et il l'estimait égale à :

1/16 à 1/15 dans les catarrhes légers;
1/8 à 1/3 dans les bronchites chroniques;
1/8 à 1/5 dans la pneumonie et la pleurésie;
1/2 à 3/4 dans les épanchements pleuraux;
1/4 à 4/5 dans l'emphysème pulmonaire;
1/2 à 3/5 dans l'hypertrophie cardiaque.

Nombre d'auteurs ont recherché depuis lors les variations de la capacité vitale au cours des affections pulmonaires et cardiaques, et ont montré l'intérêt que pouvait par conséquent présenter pour le clinicien la méthode spirométrique. Ainsi, chez les emphysémateux, au thorax globuleux et aux alvéoles distendues, on a constaté que l'air résiduel augmente aux dépens de la capacité vitale, et le degré atteint par la maladie sera facilement apprécié par la diminution de l'indice spirométrique. Chez les cardiaques, on note à la fois l'abaissement de cet indice et celui de l'air résiduel. Schnepf, grâce à son spiromètre d'une extrême précision, disait-il, prétendait reconnaître toutes les maladies pulmonaires à leur début. Mais c'est surtout pour la tuberculose qu'on a cherché à faire de la méthode un moyen de diagnostic précoce; la réduction du volume spirométrique serait un signe utile et d'une grande fidélité dans le dépistage des états prétuberculeux. Au cours de l'évolution de la maladie, Bendoye a mis en parallèle la diminution de la capacité vitale et l'extension des lésions infiltratives ou destructives. Enfin, on a même fait du spiromètre un instrument de contrôle de l'entretien des pneumothorax artificiels. De façon tout à fait analogue, il peut aussi être utilisé pour suivre la résorption d'un épanchement pleural; mais, dans ce domaine, il est surtout très employé au cours de la convalescence comme moyen de pratiquer la gymnastique respiratoire, si indispensable pour éviter de graves séquelles. C'est un appareil de première utilité dans la rééducation respiratoire d'un grand nombre de sujets, et Pescher signale des résultats vraiment probants, obtenus par sa méthode spiroscopique dans des affections très diverses.

Enfin, il ne faut pas oublier, parmi les causes susceptibles de diminuer la capacité vitale, de noter celles provenant de l'inertie de la paroi abdominale; Laniez s'est livré à cette étude chez les ptosiques, les hernieux, les « ventres chiffons ». Fabre et Escolle ont fait remarquer l'action de la perte de

la tonicité et de l'élasticité de la sangle abdominale chez les obèses et les individus à paroi contracturée, ainsi que celle des obstacles intérieurs ou extérieurs au libre jeu du diaphragme : corsets, ceintures, tumeurs du foie, de la rate, de l'utérus, etc., qui entraînent une déficience nette de la fonction respiratoire et de la valeur spirométrique.

II

RELATIONS DE LA CAPACITE VITALE AVEC DIVERSES VALEURS SOMATIQUES METHODES EMPLOYEES POUR SA DETERMINATION INDIRECTE

Le problème fondamental que pose la mesure de l'indice spirométrique est de savoir, comme l'ont bien fait remarquer la plupart des auteurs qui se sont occupés de la question, quelle est la capacité vitale normale d'un sujet donné. Dès les premières mesures effectuées à l'aide du spiromètre, on se rendit compte en effet que les résultats obtenus étaient extrêmement variables; il était logique de supposer qu'ils devaient être proportionnels aux dimensions du corps des individus considérés. De là à rechercher quelle pouvait être la relation existant entre la capacité vitale et les diverses valeurs somatiques, il n'y avait qu'un pas; et nous allons voir qu'on a proposé successivement un grand nombre de formules permettant de calculer quelle devait être normalement la valeur de la capacité vitale du sujet examiné d'après diverses données, qui ont été tour à tour la taille, le poids, la surface corporelle, le périmètre thoracique. Par la comparaison du chiffre obtenu avec le résultat fourni par l'expérience spirométrique, on se proposait ainsi de déterminer si le sujet examiné devait être considéré comme normal, particulièrement robuste, ou au contraire insuffisant respiratoire.

Avant même que fût inventé le spiromètre, Rameaux, en

1838, avait déjà cherché, par l'étude de la physiologie comparée, à découvrir les lois suivant lesquelles « les dimensions du corps de certaines classes d'animaux déterminent la capacité et les mouvements fonctionnels des poumons et du cœur ». Il avait établi que, chez les vertébrés à respiration pulmonaire et à température constante, les dimensions de l'animal règlent la capacité des organes respiratoires et le nombre des inspirations; de sorte que, ces derniers facteurs étant connus pour un individu de dimensions données, on peut, par le calcul, en assigner la valeur chez un autre individu de la même espèce, pourvu que l'on connaisse de celui-ci les dimensions correspondant à celles du premier.

Depuis le début de la spirométrie, on a proposé des méthodes de mesure indirecte de la capacité vitale en fonction des dimensions du corps et en fonction des dimensions de la cage thoracique, et nous étudierons successivement ces deux catégories de déterminations.

A. — *Relations avec les dimensions du corps.*

Rapport de la taille et de la capacité vitale.

Hutchinson, le premier, voulut établir un rapport direct entre la capacité vitale et le développement physique du sujet, et il crut pouvoir énoncer une loi, qui est la suivante : « A l'état normal, le volume maximum d'air expiré croît en proportion régulière, sinon mathématique, avec la stature. » Pour les individus examinés, et dont la taille variait entre 1 m. 52 et 1 m. 82, le plus faible résultat donnait 2 l. 3/4, et le volume obtenu subissait un accroissement de 50 cm^3 pour 1 centimètre de taille.

Pour Schneevogt, un homme de 1 m. 50 a une capacité vitale de 2 l. 35, augmentant de 52 cm^3 pour 1 centimètre de taille; une femme de même stature, une capacité vitale de 2 litres, l'accroissement étant de 30 cm^3 pour 1 centimètre de taille.

Vierordt donne le tableau suivant :

Taille	CV	Taille	CV
1 m. 545 à 1 m. 57	2.635 cm³	1 m. 695 à 1 m. 72	3.560 cm³
1 m. 57 à 1 m. 595	2.841 cm³	1 m. 72 à 1 m. 745	3.634 cm³
1 m. 595 à 1 m. 62	2.982 cm³	1 m. 745 à 1 m. 77	3.842 cm³
1 m. 62 à 1 m. 645	3.167 cm³	1 m. 77 à 1 m. 795	3.884 cm³
1 m. 645 à 1 m. 67	3.287 cm³	1 m. 795 à 1 m. 82	4.034 cm³
1 m. 67 à 1 m. 695	3.484 cm³	1 m. 82	4.454 cm³

Mais ces mesures ne concernaient que des adultes; or, il y avait lieu d'étudier dans quelle mesure l'accroissement de la taille depuis l'enfance jusqu'à l'âge adulte correspondait à l'augmentation de la capacité vitale. C'est Wintrich qui s'en préoccupa, et il donna un tableau qui fournit la valeur de la capacité vitale aux différents âges de la vie par centimètre de taille :

6 à 8 ans	6,5 à 9 cm³
8 à 10 ans	9 à 11 cm³
10 à 12 ans	11 à 13 cm³
12 à 20 ans	13 à 22 cm³
20 à 30 ans	22 à 24 cm³

Depuis lors, on a surtout cherché à donner des formules simples, mais presque toujours établies uniquement d'après des mesures sur les adultes. West, en 1920, publie la relation :

$$CV^{cc} = T^{cm} \times 25.$$

Myers, Le Roy et Maeder (1921) proposent à leur tour :

$$CV = 63 \times T - 6.655.$$

Hewlett et Jackson substituent à cette formule la suivante :

$$CV = 50 \times T - 4.400.$$

Enfin, Piolti, en 1930, donne :

$$CV = T \times 47{,}66 - 4.146,$$

cette formule n'étant qu'une simplification de la relation complète :

$$\frac{CV}{10} = 612 - \sqrt{80.089 - 640.000\,(T - 1{,}51)^2}.$$

Cet auteur a calculé, pour chaque taille, la moyenne des résultats obtenus expérimentalement, et a pu ainsi tracer une courbe dont l'équation correspond à la formule précédente. Il a ensuite calculé la moyenne des résultats supérieurs à la normale et celle des résultats inférieurs à la normale. Il a déterminé ainsi les limites supérieure et inférieure des variations moyennes. Et au total il a constaté que les variations observées dans les résultats obtenus étaient en moyenne de 22,6 p. 100.

Rapport du poids du corps et de la capacité vitale.

Une formule très simple a été fournie par Demeny, qui, remarquant les causes d'erreurs auxquelles on s'exposait en comparant la capacité vitale à la taille (et nous verrons en effet tout à l'heure le peu de valeur des formules précédentes dès qu'on s'éloigne un peu des chiffres moyens), eut l'excellente idée de remplacer la taille par le poids. La capacité vitale, en effet, est l'expression des possibilités respiratoires; celles-ci doivent être en proportion de la grandeur des échanges respiratoires, qui sont en relation directe avec l'intensité du travail tissulaire, et par conséquent avec la masse du sujet considéré. Demeny étudia donc le rapport de la capacité vitale en litres au poids en kilos, qui se trouve exprimé par un chiffre décimal. On peut d'ailleur obtenir des nombres supérieurs à l'unité en inversant la formule, comme l'enseigne R. Fabre. Dans ces conditions, on aura le rapport :

$$\frac{\text{P kg.}}{\text{CV l.}}.$$

Chez les individus normaux, sa valeur oscille entre 15 et 20. Pour un insuffisant, elle sera supérieure à 20, et chez un entraîné, on la trouvera inférieure à 15.

Maurice Dupont a donné également une méthode simple de comparer les deux grandeurs qui nous occupent; d'après lui, le coefficient de la capacité vitale par rapport au poids serait de 50 cm^3 par kilo.

Plus récemment, on a proposé d'autres relations : celle de Myers :

$$CV^{cc.} = P^{kg.} \times 46{,}8 + 1.168.$$

Celle de Lemon et Mœrsch :

$$CV = P \times 66.$$

Enfin, celle de Piolti :

$$CV = 2.410 + (22 \times P).$$

Et celui-ci donne comme variations moyennes 24,5 p. 100.

Rapport de la surface corporelle et de la capacité vitale.

C'est West qui compara le premier la capacité vitale à la surface du corps. Nous avons noté tout à l'heure que l'intensité des échanges gazeux au niveau du poumon devait être en rapport direct avec l'intensité du travail tissulaire; celui-ci se manifeste par une déperdition calorique, qui est fonction de la surface corporelle. Il est donc logique de penser que la grandeur des échanges varie proportionnellement à la surface du corps. Dès 1849, d'ailleurs, Regnault et Reiset écrivaient : « La consommation d'oxygène, faite dans des temps égaux, par des poids égaux d'animaux appartenant à la même classe, varie beaucoup avec leur grosseur absolue. Ainsi, elle est dix fois plus grande chez les petits oiseaux, tels les moineaux, et chez les verdiers, que chez les poules. Comme ces diverses espèces possèdent la même température et que les plus petites, présentant comparativement une surface beaucoup plus grande à l'air ambiant, éprouvent un refroidissement plus considérable, il faut que les sources de chaleur agissent plus énergiquement, et que la respiration soit plus abondante. » Et c'est ainsi que Rubner en Allemagne et Richet en France ont mis en évidence le rapport entre la surface corporelle et la chaleur animale, et énoncé la fameuse Loi des surfaces. Depuis lors, et à partir de ces données, s'est développée l'étude du métabolisme basal, dont on exprime précisément la valeur en fonction de la surface corporelle.

Il était donc assez naturel de penser qu'une relation précise liant la surface du corps et la capacité vitale donnerait des résultats assez exacts pour le calcul de cette dernière; la formule de West était :

$$CV^{cc.} = S^{m^2} \times 2.500.$$

Hewlett et Jackson donnèrent ensuite :

$$CV = 2.900 \times S - 1.000.$$

Et Piolti, réalisant une courbe pour la surface du corps comme il l'avait fait pour le poids et pour la taille, pouvait en déduire la relation :

$$CV = 2.660 \times S - 797.$$

Et les résultats expérimentaux de cet auteur ne s'écartent, pour chaque point de la courbe, de la valeur moyenne calculée que de 25,4 p. 100.

De ces trois séries de relations, nous verrons bientôt quels résultats on peut attendre; mais nous allons auparavant terminer l'étude des diverses méthodes de mesure indirecte de CV par celle des formules permettant d'évaluer la grandeur de l'indice spirométrique d'un sujet d'après les mensurations externes pratiquées sur son thorax.

B. — ***Relations avec les dimensions de la cage thoracique.***

La mesure du tour de poitrine et de l'ampliation thoracique est à coup sûr le moyen le plus commode et le plus rapide que nous ayons à notre disposition pour apprécier la valeur fonctionnelle de l'appareil respiratoire. Et Sappey écrit : « Une poitrine largement développée accuse toujours des poumons volumineux, une respiration puissante, une nutrition active, un grand développement des muscles. Elle annonce en un mot la plénitude de la vie et la vigueur de la constitution; ses dimensions ne sauraient être étudiées avec trop de soin, car on chercherait vainement dans l'économie un appareil où l'énergie de la fonction soit plus inti-

mement liée au volume des organes. » C'est pour cette raison qu'on fait entrer la valeur du tour de poitrine et celle de l'ampliation thoracique dans l'expression des divers « indices de robusticité », qui permettent d'estimer rapidement les possibilités physiques d'un sujet, et qui sont couramment employés dans le contrôle sportif et dans l'armée (le plus fréquemment utilisé étant celui de Pignet, modifié par Mayet).

On a cherché dans cette voie un moyen d'évaluation indirecte de CV, et, en 1918, Christen Lundsgaard et Donald van Slyke emploient chez les adultes, hommes et femmes, une relation dans laquelle ils font entrer le volume du thorax :

$$\frac{100 \times \text{volume du thorax}}{\text{CV}} = 45.$$

Ils assimilent le volume du thorax à celui d'un cylindre dont ils donnent les dimensions.

Utilisant le tour de poitrine, Dryers, en 1919, proposait :

$$\text{CV} = \frac{(\text{Tour de poitrine})^2}{1{,}82}$$

Peu auparavant, Billard avait défini un indice basé sur le volume thoracique et la capacité; il l'appelait indice de la puissance de ventilation pulmonaire et l'exprimait :

$$\text{I} = \frac{\text{VT}}{\text{CV}}.$$

VT est le volume thoracique et s'écrit :

$$\text{VT} = \frac{\text{C}^2}{4\,\pi} \times \text{H}.$$

Dans cette égalité, C est le tour de poitrine au niveau des mamelons, et H la demi-hauteur du buste du sujet assis, mesurée du siège à la 7e cervicale. On mesure CV au spiromètre. Cet indice I varierait de 3,5 à 4 chez un sujet de 20 ans et croîtrait avec l'âge pour atteindre 7 vers 50 ans. Or, connaissant l'âge du sujet, il suffit de remplacer I par sa valeur dans la formule :

$$\text{CV} = \frac{\text{VT}}{\text{I}},$$

pour pouvoir évaluer par le calcul la capacité vitale en fonction de C et de H.

Enfin, Piolti lui aussi a étudié cette méthode de détermination et il a donné comme résultat de ses mesures :

$$CV = 1{,}175 + (\text{Tour de poitrine} \times 30).$$

Les variations moyennes sont ici de 27,5 p. 100.

Mais toutes ces formules ont le gros défaut de considérer le thorax comme immobile, et le volume thoracique comme immuable; or, pendant la respiration, les dimensions du thorax varient suivant qu'on les mesure au cours de la phase inspiratoire ou durant l'expiration. Il semble donc tout indiqué d'évaluer la capacité vitale en fonction des variations de volume de la cage thoracique pendant le cycle respiratoire. Et R. Fabre et L. Escolle ont fait dans ce but des expériences qui les ont conduits à l'établissement d'une formule dans laquelle ils ont fait entrer les modifications des périmètres thoracique et abdominal. Il convient en effet de traduire les variations des dimensions internes du thorax à la fois dans les trois directions : transversale, antéro-postérieure, et verticale. Il ne faut pas oublier l'importance du jeu du diaphragme au cours de la respiration, et la modification du diamètre vertical qui en est la conséquence. Or, on ne tient pas compte de ce facteur essentiel lorsqu'on mesure uniquement la variation du périmètre thoracique; Fabre et Escolle ont donc montré qu'il fallait faire entrer en ligne de compte l'étude de l'ampliation abdominale, et leur formule est la suivante :

$$CV = \frac{Pti^2 \times \left(H + \frac{Ab}{4}\right) - Pte^2 \times \left(H - \frac{Ab}{4}\right)}{13}$$

Pti = périmètre thoracique xyphoïdien en inspiration forcée.
Pte = périmètre thoracique xyphoïdien en expiration forcée.
H = hauteur du sternum de la fourchette à la base de l'appendice xyphoïde.
Ab = ampliation abdominale (différence entre le périmètre abdominal maximum en inspiration forcée et le périmètre abdominal minimum en expiration forcée).

Si l'on compare les résultats obtenus en calculant la capacité vitale d'après cette formule avec ceux des mesures spirométriques, on observe des variations maxima de 5 à 10 p. 100.

Nous voyons donc que, dans la deuxième série de méthodes employées pour la détermination indirecte de la capacité vitale, on est arrivé à établir une formule qui donne des résultats aussi précis qu'on est en droit de le désirer pour des mesures d'ordre biologique. Mais on est loin d'avoir atteint le même but dans l'étude des rapports de l'indice spirométrique et des dimensions du corps.

En effet, si l'on examine les formules données en fonction de la taille, on constate qu'évidemment elles sont assez exactes tant que l'on s'en tient aux valeurs moyennes obtenues chez un adulte à peu près normal. Mais, si l'on applique ces relations à des sujets dont la taille s'éloigne nettement de la moyenne dans un sens ou dans l'autre, le calcul fournit des chiffres tout à fait différents de ceux recueillis à l'aide du spiromètre, et, aux extrémités de l'échelle, on obtient des résultats tout à fait absurdes. On constate qu'il en est de même pour les méthodes basées sur le calcul de CV en fonction du poids. Il n'est que trop évident en effet qu'un sujet pourvu d'un volumineux embonpoint ne saurait avoir un indice spirométrique directement proportionnel à son poids; de même un sujet très maigre fournit toujours au spiromètre un chiffre beaucoup plus élevé que celui prévu par le calcul.

C'est la déficience de ces deux ordres de méthodes qui a conduit à rechercher un facteur plus directement lié à la grandeur des échanges du sujet étudié. Et nous avons dit par quel raisonnement on se trouvait amené à utiliser l'élément surface du corps. Nous verrons dans le prochain chapitre qu'on obtient la mesure de la surface corporelle en partant de la taille et du poids. On est donc conduit à penser que sa valeur donne une idée plus exacte du sujet que chacun des deux facteurs qui servent à la calculer, les variations marquées de l'un de ces deux facteurs se trouvant atténuées, ou

plutôt compensées par l'autre. Et l'on comprend, comme le font remarquer Fabre et Escolle, que, la donnée surface résultant des deux éléments taille et poids, un sujet longiligne puisse avoir une capacité vitale plus faible que ne le ferait supposer sa taille, et plus forte que ne le voudrait son poids; de même qu'un individu petit et trapu aura une capacité vitale plus élevée que celle calculée d'après sa taille et plus petite que celle obtenue d'après son poids.

Néanmoins, les méthodes de détermination basées sur la surface du corps n'ont pas, elles non plus, donné de résultats suffisamment exacts dans leur application chez un sujet quelconque. Là encore, on a une marge de variations vraiment trop large.

Nous devons donc considérer que, comme le dit Piolti, le mieux serait de comparer la capacité vitale, non pas à un seul facteur, puisque aucun ne s'est montré susceptible de fournir un point de comparaison suffisamment stable, mais à l'ensemble des propriétés somatiques du sujet, en établissant une formule somatique qui le caractérise et le définisse dans ses particularités. C'est dans ce but que nous avons fait nos travaux, et nous verrons qu'elles nous ont conduit à l'établissement d'une relation avec laquelle nous avons obtenu des résultats beaucoup plus précis que ceux des diverses méthodes que nous avons passées en revue.

Mais, avant de passer à l'exposé de nos recherches, nous devons terminer ce chapitre en étudiant quelques coefficients qui ne sont pas destinés à la détermination de l'indice spirométrique, mais sont basés eux aussi sur la comparaison des diverses données susceptibles de fournir un critère de robusticité respiratoire. Un certain nombre d'auteurs ont en effet combiné de façon variable les mesures fournies par l'expérimentation, et ils ont établi des relations dans lesquelles entrent la taille, le poids, le périmètre thoracique, la surface du corps, la capacité vitale. Et, au point de vue pratique, l'étude de ces constantes est peut-être plus intéressante pour le médecin désireux de dépister les débiles et les prétuber-

culeux, ou chargé de la surveillance du sport dans une collectivité, que les diverses formules énumérées jusqu'à maintenant.

Nous avons déjà parlé du coefficient de Demeny :

$$\frac{\text{CV litres}}{\text{P kg.}}.$$

J. Amar a repris la même formule, et a appelé « indice d'endurance respiratoire » le quotient de la CV en centilitres par le poids en kilos. La valeur de cet indice serait de 5, n'offrant de variations notables que chez les enfants de 10 à 14 ans.

D'après les travaux de G. Dreyer, étudiant la tuberculose pulmonaire, on pourrait obtenir une série de trois constantes en comparant successivement le poids P, la taille l et le périmètre thoracique C à la capacité vitale. On a :

$$k_1 = \frac{P^{0,72}}{CV},$$

$$k_2 = \frac{l^{2,2}}{CV},$$

$$k_3 = \frac{C^{1,97 \text{ à } 2,54}}{CV}.$$

Mais le rapport le plus intéressant a été établi par Spehl, qui appelle « quotient vital » la relation unissant le poids, la capacité vitale et la taille, suivant la formule :

$$Q = \frac{CV \times P}{T}.$$

On doit considérer la constitution du sujet comme normale de 1.000 à 1.500, excellente au-dessus, médiocre au-dessous. Nous avons voulu vérifier, d'après quelques exemples pris au hasard dans les tableaux de mesures que nous publions plus loin, si la formule était valable dans tous les cas, aussi bien chez le sujet insuffisant ou entraîné que chez le sujet normal, chez l'enfant comme chez l'adulte. Voici les résultats trouvés :

N° 14. — Homme entraîné, 23 ans :

CV = 5,100 l. P = 68,5 kg. T = 1,70 m. → Q = 2.050,

N° 61. — Homme normal, 21 ans :

CV = 4,100 P = 67 T = 1,67 → Q = 1.640.

N° 95. — Homme normal, 25 ans :

CV = 4,000 P = 66 T = 1,69 Q = 1.658.

N° 130. — Homme normal, 19 ans :

CV = 3,300 P = 50,5 T = 1,68 Q = 938.

N° 168. — Homme normal, 39 ans :

CV = 4,500 P = 70 T = 1,71 Q = 1.842.

N° 265. — Femme normale, 37 ans :

CV = 3,100 P = 64,5 T = 1,64 Q = 1.219.

N° 181. — Enfant normal (garçon), 10 ans :

CV = 1,500 P = 27,5 T = 1,33 Q = 310.

N° 212. — Enfant normal (garçon), 13 ans :

CV = 2,300 P = 43,5 T = 1,43 Q = 700.

N° 238. — Enfant normal (garçon), 8 ans :

CV = 1,400 P = 21,5 T = 1,17 Q = 257.

N° 307. — Enfant normal (fille), 7 ans :

CV = 0,900 P = 18,2 T = 1,12 Q = 146.

Nous constatons donc, avec A. Latarjet et M. L. Simonet, que la formule ne saurait être d'application générale. On a cherché à rendre le coefficient de Spehl valable pour tous les sujets, et les auteurs précédents signalent deux méthodes susceptibles d'être utilisées dans ce but. La première est celle d'Hermann, de Mons, qui écrit la formule :

$$Q = CV \times C,$$

dans laquelle : $C = \frac{P}{T}$ = corpulence.

Il propose de considérer Q comme le produit de la capacité vitale par le rapport des corpulences :

C = corpulence normale.
C′ = corpulence observée.

La corpulence normale figure sur des tables, et la valeur maxima du rapport des corpulences devant être égale à 1, on fera intervenir suivant les cas $\frac{C}{C'}$ ou $\frac{C'}{C}$.

L. Neuens transforme d'une autre façon la formule primitive de Spehl. Il l'écrit :

$$Q = \frac{CV^2}{T \times P} = \frac{CV}{T} \times \frac{CV}{P},$$

$\frac{CV}{P}$ est la mesure du soûffle et renseigne sur le degré d'endurance du sujet. Les deux rapports $\frac{CV}{P}$ et $\frac{CV}{T}$ ont été étudiés par Latarjet et Simonet, qui ont obtenu les résultats suivants :

1° Pour $\frac{CV}{P}$, la moyenne est comprise entre 55 et 60; au-dessous de 50, le sujet est nettement insuffisant; au-dessus de 60, on est en présence d'un sujet résistant;

2° $\frac{CV}{T}$ est en moyenne compris entre 20 et 25; au-dessous de 20, insuffisance respiratoire ou taille exagérée; au-dessus de 25, très bonne capacité pulmonaire.

En conclusion, ces auteurs notent que, pour les individus robustes et résistants, le coefficient de Spehl primitif et le rapport de Neuens donnent des résultats très voisins; que cette concordance est toujours un test de constitution excellente, et qu'elle aurait un intérêt tout particulier chez les sportifs. Ils pensent donc que l'emploi simultané des deux formules, en y adjoignant l'étude des deux rapports $\frac{CV}{P}$ et $\frac{CV}{T}$, peut donner une idée très exacte de la valeur physiologique d'un individu.

On a encore modifié le coefficient de Spehl dans un autre sens, et Lambolez a pu établir par le calcul deux rapports, l'un pour les enfants, l'autre pour les adultes, qui, appliqués à des résultats expérimentaux, se sont montrés beaucoup plus fixes que la relation de Spehl. Lambolez appelle le premier

de ces rapports : « coefficient de capacité vitale en croissance » :

$$CV \times \frac{P}{l^2}$$

l étant la taille.

Il serait valable de 6 à 14 ans et donnerait une variation maxima de 17 p. 100. Quant à celui valable pour les adultes, il s'exprime de la façon suivante :

$$L = CV \times \frac{P}{l^3} \times 100.$$

Le résultat obtenu est compris normalement entre 4 et 6. Cet auteur a transformé la formule précédente pour y faire entrer la valeur de la surface du corps, et il l'écrit :

$$L = \frac{CV \times P}{10\ S} \times \frac{CV \times S \times 1.000}{l^3},$$

mettant ainsi en évidence deux nouveaux coefficients :

$$\lambda_1 = \frac{CV \times P}{10\ S},$$

$$\lambda_2 = \frac{CV \times S \times 1.000}{l^3},$$

qui seraient très voisins de 2 chez l'adulte normal. L'auteur donne leur application à l'étude de quelques cas de tuberculose dans lesquels ils se trouvent en effet nettement inférieurs à 2. Nous avons nous-même vérifié qu'ils donnent des résultats assez constants, mais leur valeur pratique ne nous paraît pas considérable, étant donnée la longueur des calculs qu'ils nécessitent.

III

TECHNIQUE EXPERIMENTALE ET RESULTATS OBTENUS

Nous avons pratiqué nos mesures sur plus de 500 sujets, dont environ 200 adultes et 300 enfants. Nous avons tenu à étudier à la fois des sujets normaux, des insuffisants respiratoires et des individus entraînés; aussi avons-nous expérimenté sur des étudiants, sur des malades de l'hôpital, sur des sportifs : coureurs, rameurs, nageurs de compétition (nous avons pu examiner en particulier un certain nombre de champions en plein entraînement au cours des Championnats de France de natation de 1935). Quant aux déterminations chez l'enfant, elles ont été effectuées sur des élèves d'écoles primaires de la ville de Bordeaux et des écoles de plein air de Tenet et d'Andernos.

Nous avons ainsi recueilli pour chaque sujet l'indice spirométrique, la taille et le poids, puis nous avons calculé, d'après ces deux derniers facteurs, la surface corporelle.

1° Indice spirométrique.

Nous avons utilisé pour toutes nos mesures le spiromètre transportable de Boulitte. Il convient de le disposer, convenablement rempli d'eau, sur un table de hauteur telle que le sujet soit à son aise pour souffler dans l'appareil et garde le corps droit pendant l'expérience. Il doit être debout, au garde à vous, débarrassé de tous les vêtements qui pourraient gêner, de quelque façon que ce soit, la respiration et en particulier l'ampliation abdominale.

Avant de commencer les mesures, nous avons appris soigneusement à chaque sujet le fonctionnement de l'appareil et la façon de l'utiliser pour avoir un résultat correct, ce qui n'est pas toujours facile, surtout chez l'enfant; on arrive cependant très bien à se faire comprendre, même des tout-petits, en leur demandant de « souffler comme pour gonfler un ballon ». Chez eux, il est bon de faire boucher les narines d'une main pour éviter toute issue d'air par le nez. Pour les adultes, il faut surtout vérifier, avant de commencer, qu'ils savent bien faire une inspiration forcée; il faut souvent leur apprendre à ne pas contracter leur paroi abdominale et à utiliser au mieux le jeu de leur diaphragme. Ceci obtenu, il ne reste qu'à dire au sujet de prendre l'embout dans sa main, et de souffler en une seule fois dans l'appareil autant d'air qu'il le pourra.

Nous avons ainsi pratiqué pour chaque sujet trois mesures successives, avec un instant de repos après chacune. Nous notions le résultat le plus élevé des trois, qui se trouvait être en général le résultat commun des deux dernières expériences, la première ayant permis au sujet de s'habituer à l'appareil.

Toutes les mesures ont été faites autant que possible dans des conditions analogues, c'est-à-dire chez des sujets non essoufflés, au repos depuis un moment, et à une heure assez éloignée du dernier repas : vers 11 heures le matin, vers 16 heures l'après-midi.

2° Taille et poids.

Après les mesures spirométriques, le sujet passait à la toise et sur la bascule, où nous notions sa taille en centimètres et son poids en kilos.

C'est de ces deux données qu'il nous fallait déduire la surface corporelle de l'individu considéré, et nous avons dû pour cela rechercher parmi les nombreuses méthodes proposées celle qui était la plus simple, tout en étant suffisamment précise.

3° Calcul de la surface corporelle.

Les méthodes employées sont basées sur les procédés de mesure directe. Celle-ci fournit les éléments d'une constante entrant dans la constitution d'une formule où figurent les deux facteurs : taille et poids. L'étude des procédés directs doit donc précéder celle des relations obtenues grâce à eux.

Procédés directs. — Meeh divisait le corps en figures géométriques qu'il calquait sur du papier transparent, et il évaluait la surface totale en calculant celle de chaque figure ou en pesant le papier.

D'Arsonval revêtait un homme de tissu de soie, le chargeait d'électricité, et déterminait la surface par rapport à un plateau métallique de surface connue, en le déchargeant comme une bouteille de Leyde.

Variot et Saint-Albin ont opéré avec des feuilles d'étain sur de jeunes enfants.

D. Du Bois, puis Sawyer, Stone et Et. Du Bois, recouvraient le sujet d'une étoffe mince, sur laquelle ils collaient des bandes de papier; ils obtenaient ainsi une sorte de moule, qu'ils découpaient par régions du corps. Chaque fragment, recouvert de paraffine, était divisé en petits morceaux qu'on déposait sur un papier photographique. Il était facile de calculer la surface non impressionnée après exposition à la lumière. Les résultats obtenus paraissent avoir été très précis.

Bergonié et Sigalas ont opéré plus simplement avec des bandes de sparadrap enroulées sur le corps, puis développées.

Roussy a employé un appareil à roulettes encrées qu'il promenait sur le corps; un compteur de tours permettait d'évaluer le chemin parcouru, et par suite la surface recouverte.

Benedict photographie le sujet de face et de profil, puis évalue les surfaces des silhouettes et les multiplie par les constantes appropriées. Il a obtenu une assez grande précision.

Procédés indirects. — Ils sont tirés des précédents, qui sont très longs à appliquer, et qui n'ont d'intérêt que pour fournir les éléments de formules que nous allons maintenant étudier.

Meeh considère que la surface est fonction de la racine cubique du carré du volume; il substitue le poids au volume en faisant remarquer que les deux valeurs se correspondent, puisque la densité de la matière animale est fixe. On a :

$$S = K\sqrt[3]{P^2};$$

S = surface en mètre carrés;
P = poids en kilogrammes;
K = 11,3 pour l'homme.

D'après D. Du Bois et Et. Du Bois, cette formule donnerait une erreur de 15 à 20 p. 100; d'après Bouchard, de 33 p. 100. Elle n'aurait de valeur que pour les sujets maigres.

On a modifié la constante de la formule de Meeh :

Maurel :	K = 7,5;
Michel et Perret :	K = 9,5;
Sicheff :	K = 10,7 (pour l'enfant);
Lissauer :	K = 10,3 (id.).

Benedict et Talbot donnent un tableau de la constante d'après le poids et l'âge.

Lassablière fournit pour les enfants trois formules, en fonction du poids (formule de Meeh), de la taille et du tour de poitrine.

$S = K\sqrt[3]{P^2}$;	K = 10,5;
$S = 0{,}92 \times T^2$;	T = taille en centimètres;
$S = 2{,}3 \times$ Périm.^{2};	Périm. = périmètre thoracique mamelonnaire en centimètres.

Il suffit de prendre la moyenne des trois résultats.

D'après Bouchard, la surface corporelle d'un adulte de segment anthropométrique $\frac{P}{H}$, de hauteur H décimètres, et de tour de taille C décimètres, est :

$$S = \left(\alpha C + \beta + \frac{\gamma}{C}\right) \times H;$$

α, β et γ étant des fonctions de $\frac{P}{H}$ dont l'auteur donne les variations.

Faillie a construit d'après cela une abaque.

Roussy considère la surface S comme égale au produit de la hauteur périphérique moyenne totale H $\frac{p}{m}$ par le périmètre moyen Pm. On a :

$$S = H \frac{p}{m} Pm.$$

Mais l'auteur préconise une formule plus rapide :

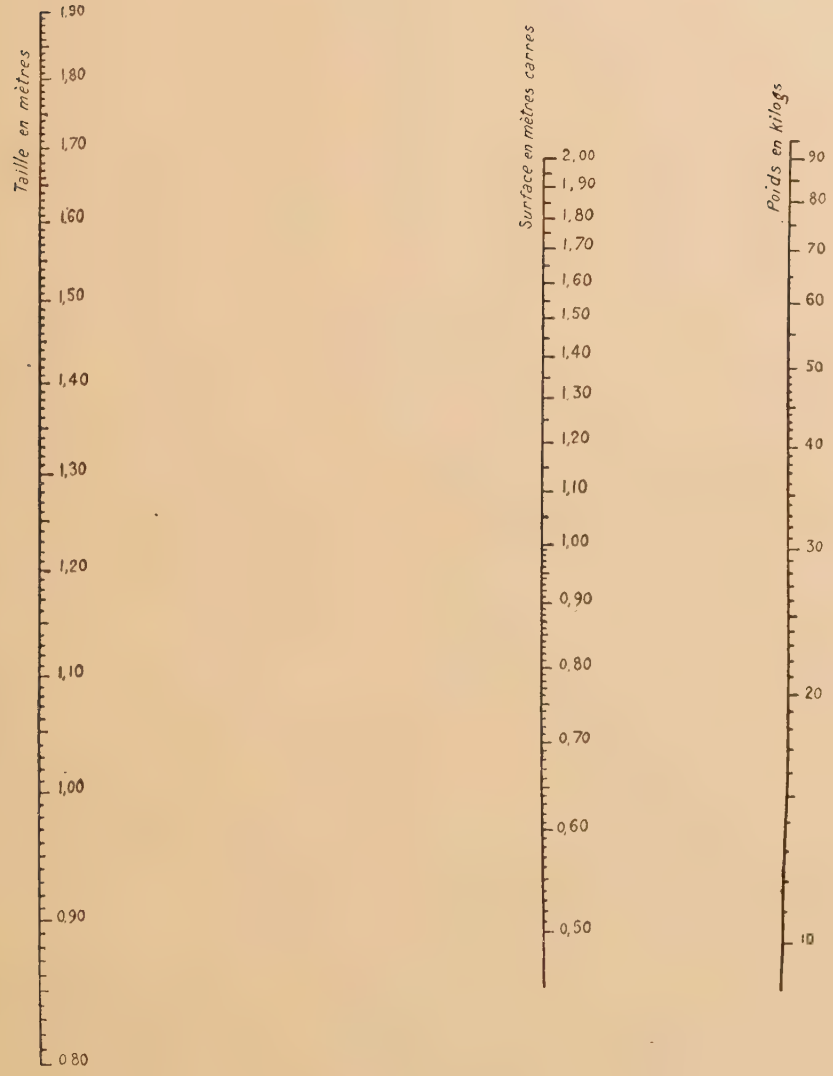
$$S = 0{,}69\ T^2.$$

Les Du Bois indiquèrent d'abord la « linear formule ». Pour l'obtenir, on mesure chaque région du corps afin de trouver la longueur et la circonférence moyenne; on multiplie ces résultats, et on corrige par un facteur calculé d'après la mesure réelle. La somme de toutes les parties du corps donne la surface totale. Mais ces auteurs donnèrent ensuite une autre formule plus simple, basée sur la taille et le poids :

$$S = 71{,}84 \times P^{0{,}425} \times H^{0{,}725};$$

S = surface en centimètres carrés;
P = poids en kilogrammes;
H = hauteur en centimètres.

Ces formules ont été utilisées pour la construction de graphiques, où, la taille étant indiquée en ordonnées et le poids en abscisses, des lignes courbes donnent les surfaces. On peut aussi obtenir un graphique commode avec trois lignes droites parallèles graduées. Celle du centre indique la surface, celles des côtés la taille et le poids; on place une extrémité d'un fil au point qui correspond à la taille du sujet, l'autre au point qui marque son poids, et le fil coupe la ligne médiane en un point qui donne la mesure de sa surface corporelle. C'est un graphique de cet ordre, celui de H. et M. Janet, que nous avons utilisé pour l'évaluation des surfaces corporelles de nos sujets. Le procédé est rapide et donne un résultat suffisamment exact (voir graphique).


Taille en mètres
1,90
1,80
1,70
1,60
1,50
1,40
1,30
1,20
1,10
1,00
0,90
0,80
Surface en mètres carrés
2,00
1,90
1,80
1,70
1,60
1,50
1,40
1,30
1,20
1,10
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
Poids en kilogs
90
80
70
60
50
40
30
20
10

Voici maintenant le tableau des résultats détaillés de nos mesures. Nous avons classé séparément les adultes et les enfants de chaque sexe, et dans chacune des quatre catégories ainsi obtenues, nous avons fait trois subdivisions, correspondant aux sujets normaux, insuffisants et entraînés; l'interrogatoire du sujet sur ses antécédents pathologiques, sur son genre de vie, et un examen médical sommaire nous ont permis de classer ainsi les adultes. Pour les enfants, le carnet médical scolaire nous a fourni tous les renseignements nécessaires.

Adultes normaux (Hommes).

N°	Age	Taille en metres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
4	18 à 25 ans.....	1,78	70	1,86	4,500
6	—	1,77	65,5	1,81	4,200
8	—	1,70	70	1,80	4,400
10	—	1,73	77,5	1,91	5,200
11	—	1,74	75,5	1,88	4,500
13	—	1,69	56,5	1,64	4,000
15	—	1,68	56,5	1,63	3,400
16	—	1,77	76,5	1,92	4,800
17	—	1,65	74,5	1,81	4,200
20	—	1,70	67	1,77	4,100
21	—	1,69	69,5	1,79	4,200
22	—	1,755	66,5	1,80	4,600
25	—	1,67	63,5	1,71	4,400
26	—	1,69	66	1,74	3,900
27	—	1,78	73,5	1,90	4,600
28	—	1,79	69	1,86	4,800
29	—	1,80	83	2,02	5,100
30	—	1,65	59	1,65	4,000
31	—	1,67	66	1,72	4,200
32	—	1,79	74	1,92	5,000
33	—	1,74	67	1,80	4,500
34	—	1,84	77	1,98	4,600
35	—	1,74	69	1,82	4,800
37	—	1,67	70	1,78	4,300
38	—	1,65	63	1,68	3,900
40	—	1,72	70	1,81	4,300
42	—	1,89	79	2,08	5,800
43	—	1,74	75	1,88	4,500
46	—	1,71	66	1,76	4,600
48	—	1,66	55	1,60	3,900
49	—	1,68	63	1,71	3,700
50	—	1,66	61	1,67	3,700

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	—
52	18 à 25 ans.....	1,74	73	1,86	5,000
53	—	1,69	64	1,72	4,200
55	—	1,66	66	1,72	4,000
56	—	1,78	77	1,93	5,200
57	—	1,69	60	1,68	4,000
58	—	1,68	64	1,71	3,800
60	—	1,74	71	1,84	5,000
61	—	1,67	67	1,74	4,100
62	—	1,72	62	1,72	4,300
63	—	1,70	71,5	1,82	4,600
64	—	1,71	62	1,72	4,400
65	—	1,68	66,5	1,75	4,100
66	—	1,79	68,5	1,86	4,900
355	—	1,65	57	1,62	4,000
356	—	1,79	71,5	1,88	4.700
357	—	1,79	70	1,87	5,000
69	—	1,70	70	1,80	4,700
70	—	1,71	72	1,83	4,500
71	—	1,73	59	1,69	3,900
73	—	1,72	70	1,81	4,500
75	—	1,78	72	1,88	4,700
76	—	1,85	80	2,02	5,900
78	—	1,80	78	1,96	4,800
79	—	1,77	78	1,95	5,200
80	—	1,76	78	1,94	4,800
84	—	1,71	67	1,78	4,700
85	—	1,74	69	1,82	5,000
89	—	1,76	76	1,91	5,200
90	—	1,72	72	1,83	4,200
92	—	1,725	62	1,72	4,400
95	—	1,69	66	1,75	4,000
97	—	1,71	76	1,87	5,200
99	—	1,51	62	1,61	4,000
107	—	1,70	75,5	1,86	5,100
108	—	1,69	71	1,81	4,900
109	—	1,735	68	1,80	5,000
111	—	1,78	73	1,89	5,200
114	—	1,72	65	1,75	4,200
358	—	1,78	85	2,02	5,300
360	—	1,70	60	1,68	4,000
127	—	1,685	63	1,71	4,000
128	—	1,735	68	1,81	4,400
130	—	1,68	50,5	1,55	3,300
133	—	1,70	61	1,69	4,100
135	—	1,645	51	1,53	3,500
136	—	1,73	73	1,86	4,700
138	—	1,695	74	1,85	4,500
139	—	1,72	70	1,82	4,500
140	—	1,68	75	1,84	4,200

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
146	25 à 40 ans.....	1,65	77	1,84	4,300
147	—	1,63	53	1,55	3,700
148	—	1,61	60	1,62	4,300
151	—	1,83	60	1,78	4,100
152	—	1,62	58	1,61	3,900
158	—	1,69	70	1,80	4,800
160	—	1,75	61	1,73	3,800
162	—	1,68	58,5	1,66	3,900
167	—	1,655	62	1,67	4,000
168	Plus de 40 ans.....	1,71	70	1,81	4,500
169	—	1,705	61,5	1,70	4,100

Adultes insuffisants respiratoires (Hommes).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
41	18 à 25 ans.....	1,74	66	1,78	3,800
45	—	1,63	63	1,67	3,200
72	—	1,71	78	1,90	4,400
77	—	1,80	72	1,89	4,200
141	—	1,66	60	1,65	3,300
142	—	1,76	93,5	2,08	4,500
359	—	1,72	74	1,86	3,700
361	—	1,845	115	2,30	4,700
117	—	1,65	60	1,65	2,800
118	—	1,75	95	2,08	4,000
143	25 à 40 ans.....	1,68	73	1,83	3,800
144	—	1,615	90	1,93	3,000
145	—	1,695	74	1,84	3,200
149	—	1,74	79	1,93	4,200
150	—	1,67	80	1,88	2,900
154	—	1,81	81	2,00	4,400
155	—	1,735	71,5	1,85	3,500
157	—	1,705	73	1,84	4,100
159	—	1,61	70	1,73	3,500
161	—	1,72	90,5	2,02	4,200
164	—	1,765	80	1,96	4,300
165	—	1,60	72	1,75	3,500
166	—	1,815	93	2,12	4,200
112	—	1,73	55	1,64	2,500
121	—	1,55	65	1,62	2,500
170	Plus de 40 ans.....	1,70	71,5	1,82	3,300
171	—	1,735	94,5	2,08	3,600
172	—	1,77	78,5	1,95	3,500
113	—	1,70	103	2,10	2,400
115	—	1,83	68	1,87	2,800
116	—	1,65	60	1,65	2,600
120	—	1,54	50	1,45	1,500
122	—	1,52	58	1,54	2,100

Adultes entraînés (Hommes).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	
1	18 à 25 ans.....	1,81	64,5	1,82	5.400
2	—	1,74	68,5	1,81	5,500
3	—	1,67	66,5	1,72	4,500
5	—	1,82	63,5	1,81	5,600
7	—	1,765	68,5	1,83	5,600
9	—	1,815	86	2,04	6,600
12	—	1,70	58,5	1,66	4,500
14	—	1,70	68,5	1,78	5,100
18	—	1,77	70,5	1,86	5,400
19	—	1,70	65,5	1,74	4,800
23	—	1,625	49	1,49	3,700
24	—	1,745	65	1,78	5,300
36	—	1,78	72	1,88	5,600
39	—	1,72	64	1,75	5,400
44	—	1,62	58	1,60	4,100
47	—	1,83	69	1,88	5,500
51	—	1,64	56	1,60	4,600
54	—	1,72	66	1,77	4,700
59	—	1,70	62	1,70	5,000
67	—	1,78	70	1,86	5,800
68	—	1,68	68,5	1,77	5,100
74	—	1,68	54	1,60	4,500
81	—	1,67	67,5	1,75	5,000
82	—	1,64	65	1,70	5,100
83	—	1,60	66	1,67	4,400
86	—	1,68	61	1,68	5,400
87	—	1,72	71	1,83	5,100
88	—	1,73	76	1,88	6,100
91	—	1,75	74	1,88	5,700
93	—	1,70	74	1,84	5,200
94	—	1,54	52,5	1,48	3,700
96	—	1,70	67	1,76	5,200
98	—	1,56	54	1,52	3,900
100	—	1,72	69	1,81	5,700
102	—	1,78	76	1,93	6,600
103	—	1,71	70,5	1,82	5,500
104	—	1,72	76	1,88	5,800
105	—	1,71	75	1,86	6,200
106	—	1,67	67	1,74	5,200
110	—	1,81	81	2,00	6,700
129	—	1,77	61,5	1,75	4,900
131	—	1,685	56,5	1,63	4,800
132	—	1,65	59	1,64	4,500
134	—	1,67	73	1,81	5,400
137	—	1,665	71	1,78	5,100
173	—	1,75	75	1,89	5,400

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
153	25 à 40 ans.....	1,665	61	1,67	4,700
156	—	1,75	71	1,85	5,600
163	—	1,70	60	1,68	5,000
119	—	1,69	62	1,70	4,600

Adultes normaux (Femmes).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
364	18 à 25 ans.....	1,50	61	1,55	2,600
249	—	1,60	61	1,63	3,200
250	—	1,525	70,5	1,67	3,400
252	—	1,77	71	1,87	4,000
253	—	1,53	50,5	1,55	3,200
254	—	1,58	78,5	1,80	3,800
242	—	1,68	63	1,70	3,700
258	25 à 40 ans.....	1,58	63	1,63	3,400
260	—	1,465	49	1,38	2,500
261	—	1,53	47,5	1,41	2,700
262	—	1,505	49	1,41	2,600
264	—	1,55	49	1,45	2,400
265	—	1,64	64,5	1,68	3,100
266	—	1,575	57,5	1,57	3,300
267	Plus de 40 ans.....	1,71	82	1,94	3,800
268	—	1,505	46,5	1,38	2,500
269	—	1,54	52,5	1,48	2,500
271	—	1,53	53	1,48	2,900

Adultes insuffisants respiratoires (Femmes).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
251	18 à 25 ans.....	1,535	69,5	1,67	2,800
365	—	1,62	58	1,61	1,600
259	25 à 40 ans.....	1,55	62	1,60	2,500
363	—	1,595	52	1,51	1,000
270	Plus de 40 ans.....	1,505	66	1,61	2,200
272	—	1,57	62	1,61	2,400
362	—	1,43	54	1,42	0,900

Adultes entraînés (Femmes).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
255	18 à 25 ans.....	1,54	46,5	1,41	3,100
256	—	1,63	46	1,45	3,300
257	—	1,61	56	1,57	3,500

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
241	18 à 25 ans.....	1,53	52	1,47	3,200
243	—	1,68	61	1,68	4,300
244	—	1,75	70	1,83	4,500
245	—	1,61	60	1,62	4,000
246	—	1,60	50	1,49	3,800
263	25 à 40 ans.....	1,51	54,5	1,48	3,100

Enfants normaux (Garçons).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
366	5 à 7 ans.....	1,05	16	0,68	0,800
367	—	0,99	17,2	0,68	1,000
368	—	1,10	18	0,74	1,300
370	—	1,10	18	0,74	1,000
371	—	1,10	20,5	0,78	1,300
372	—	1,20	21,5	0,85	1,000
373	—	1,12	22	0,81	1,300
374	—	1,22	23,5	0,89	1,200
376	—	1,18	21	0,83	1,500
419	—	1,12	18,2	0,75	0,900
420	—	1,17	20	0,81	1,100
421	—	1,14	20,6	0,80	1,000
422	—	1,19	22	0,87	1,100
423	—	1,15	19,8	0,79	1,300
424	—	1,19	21,3	0,84	1,400
123	8 à 10 ans.....	1,305	27	0,99	1,600
124	—	1,425	35	1,18	2,000
224	—	1,21	26	0,92	1,200
225	—	1,23	21	0,85	1,300
226	—	1,11	12,4	0,62	0,800
227	—	1,17	22	0,84	1,100
228	—	1,013	16,3	0,67	0,700
229	—	1,15	22,5	0,84	1,400
230	—	1,22	22,8	0,88	1,600
231	—	1,14	21,3	0,81	1,200
232	—	1,095	18,7	0,75	1,200
233	—	1,15	19,2	0,78	1,300
235	—	1,18	22	0,84	1,100
236	—	1,175	21,5	0,84	1,100
237	—	1,24	24,5	0,92	1,200
238	—	1,17	21,5	0,83	1,400
239	—	1,08	16	0,69	1,100
240	—	1,23	26	0,93	1,200
377	—	1,26	24,5	0,93	1,700
379	—	1,18	22,8	0,86	1,600
380	—	1,25	25	0,92	1,600

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	—
381	8 à 10 ans.....	1,21	22,6	0,87	1,500
382	—	1,27	24	0,92	1,700
383	—	1,23	22,4	0,88	1,500
386	—	1,29	28	1,00	2,000
387	—	1,29	27	0,98	1,800
388	—	1,26	24	0,92	1,600
390	—	1,21	28	0,96	1,400
176	10 à 12 ans.....	1,33	30	1,05	1,600
177	—	1,347	31	1,08	1.700
179	—	1,31	29	1,03	1.900
181	—	1,33	27,5	1,02	1.500
182	—	1,35	31,8	1,09	2.000
183	—	1,31	25	0,96	1.600
184	—	1,30	27	0,99	1.400
186	—	1,275	24,5	0,93	1,300
189	—	1,38	33,5	1,13	2,200
190	—	1,205	26	0,92	1.400
191	—	1,275	25,5	0,95	1,700
192	—	1,26	24,5	0,93	1.600
193	—	1,315	28,5	1.02	1,600
194	—	1,26	30,5	1,02	1.500
195	—	1,365	29,5	1,07	1,800
196	—	1,265	25,5	0.95	1,700
198	—	1,315	34,5	1,11	1,800
199	—	1,32	28,5	1,03	1,700
200	—	1,255	26,5	0.96	1.300
201	—	1,385	33,5	1,13	1.700
203	—	1,245	29,5	1,00	1,500
391	—	1,20	21,5	0.85	1,400
392	—	1,23	28,5	0,97	1,900
393	—	1,26	25,5	0,94	1.800
394	—	1,20	24,5	0.89	1,700
395	—	1,27	24	0,92	1,700
396	—	1,34	31	1,07	1,800
398	—	1,20	21,5	0,85	1,400
399	—	1,53	40	1,32	2,500
401	—	1,35	30	1,06	1,800
402	—	1,23	22,5	0,88	1.400
403	—	1,30	26,8	0,98	1,800
404	—	1,36	29	1,05	1,700
425	—	1,27	25	0,94	1,600
426	—	1,32	29,5	1,04	1,800
427	—	1,27	21	0,87	1,500
428	—	1,32	22,6	0,92	1,600
429	—	1,27	21,8	0,89	1,100
430	—	1,32	24,2	0,95	1,500
431	—	1,24	22,8	0,88	1.300
432	—	1,29	25	0,95	1,400
434	—	1,34	26	0,99	1,300

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	
437	10 à 12 ans.....	1,35	29,3	1,05	1.700
438	—	1,40	31,2	1,11	1,800
439	—	1,31	25,2	0,97	1,400
440	—	1,35	28,6	1,04	1,800
441	—	1,30	28,3	1,01	1,700
442	—	1,35	31	1,08	1.800
443	—	1,37	30	1,08	1,900
444	—	1,41	31,8	1,12	2,200
445	—	1,28	24	0,93	1,600
446	—	1,34	26	0,99	1,900
447	—	1,34	26,2	1,00	1,900
448	—	1,39	28,2	1,06	2.000
449	—	1,34	28,6	1,03	1,900
450	—	1,39	32,6	1,13	2,100
125	13 à 14 ans.....	1,365	44,5	1,27	2,400
126	—	1,64	44	1,44	2,900
205	—	1,41	34,5	1.17	2,150
206	—	1,52	47,5	1,40	2,400
209	—	1,72	56	1,65	3,500
210	—	1,57	52,5	1,50	3.100
212	—	1,43	43,5	1,30	2,300
213	—	1,48	40	1,28	2,400
214	—	1,31	28	1,01	1.800
215	—	1,465	41,5	1,30	2.400
216	—	1,52	41,5	1,33	2,500
218	—	1,41	43	1,28	2.100
219	—	1,345	40	1,33	2,100
222	—	1,40	30	1,09	1,700
406	—	1,53	46	1,39	2,600
407	—	1,33	33	1,09	2.000
408	—	1,31	32	1,07	1,800
409	—	1,42	33	1,15	2,000
410	—	1,37	34	1,13	2,200
411	—	1,35	29	1,05	1,900
412	—	1,33	29,6	1,04	1,800
413	—	1,39	31	1,10	1,800
414	—	1,28	24	0,93	1,600
416	—	1,54	42	1,35	2,500
451	—	1,18	24,5	0,88	1,200
452	—	1,23	27	0,95	1,300
453	—	1,32	29	1,03	1,900
454	—	1,38	33,2	1,13	2,100
455	—	1,35	24	0,96	1,500
456	—	1,405	27,1	1,05	1,600
457	—	1,35	29,5	1,06	2,100
458	—	1,41	32,8	1,14	2,300

Enfants insuffisants respiratoires (Garçons).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	
417	5 à 7 ans.....	1,21	20,8	0,84	0,800
418	—	1,26	22,6	0,89	0,900
378	8 à 10 ans.....	1,16	19	0,78	0,800
389	—	1,27	31,3	1,03	1,300
433	—	1,28	23,5	0,92	1,000
435	—	1,17	18	0,77	0,700
436	—	1,22	20	0,83	0,800
174	10 à 12 ans.....	1,33	27,5	1,02	1,400
178	—	1,38	30	1,08	1,100
197	—	1,285	34	1,08	1,400
405	—	1,32	27	1,00	1,000
175	13 à 14 ans.....	1,505	43,5	1,35	2,100
188	—	1,47	38,5	1,26	1,500
217	—	1,685	61	1,68	2,800
220	—	1,455	55,5	1,46	2,300
221	—	1,43	37	1,21	1,600
223	—	1,48	44	1,34	2,000
415	—	1,53	40	1,32	2,000

Enfants entraînés (Garçons).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	—
369	5 à 7 ans.....	1,15	20,4	0,80	1,500
375	—	1,10	18,1	0,74	1,500
234	8 à 10 ans.....	1,165	23	0,85	1,600
384	—	1,27	24	0,92	1,800
385	—	1,32	30,5	1,05	2,300
180	10 à 12 ans.....	1,275	27,5	0,98	1,900
185	—	1,46	36	1,22	2,500
187	—	1,25	27,5	0,97	1,900
202	—	1,325	30	1,05	2,100
397	—	1,22	25	0,91	1,900
400	—	1,37	34	1,14	2,400
204	13 à 14 ans.....	1,71	54	1,63	3,900
207	—	1,50	44,5	1,36	3,100
208	—	1,385	33	1,13	2,300
211	—	1,41	41	1,25	2,900

Enfants normaux (Filles).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	—
459	6 à 7 ans.....	1,05	20	0,75	0,800
460	—	1,04	17	0,69	0,700
461	—	1,10	21	0,79	1,000
464	—	1,11	20,5	0,78	0,900
465	—	1,18	24	0,87	0,800
466	—	0,97	14	0,60	0,800
499	—	1,14	20,5	0,80	0,700
500	—	1,19	24,6	0,89	1,100
293	7 à 8 ans.....	1,17	22,5	0,85	0,900
294	—	1,15	21	0,81	1,000
295	—	1,18	23,5	0,87	0,800
296	—	1,15	21	0,81	1,050
297	—	1,15	21	0,81	0,800
298	—	1,12	19	0,76	0,700
301	—	1,14	21,5	0,81	0,900
304	—	1,12	19	0,76	0,900
305	—	1,10	18	0,74	0,900
306	—	1,23	22	0,87	1,100
307	—	1,12	18,2	0,76	0,900
308	—	1,28	26	0,96	1,250
309	—	1,15	19	0,78	0,800
310	—	1,17	23	0,86	1,000
312	—	1,20	26,5	0,93	1,200
273	8 à 9 ans.....	1,215	22	0,86	1,000
274	—	1,19	21	0,83	1,050
275	—	1,16	20,5	0,81	0,800
278	—	1,21	23,5	0,88	0,950
279	—	1,26	24,5	0,93	1,300
281	—	1,27	30	1,02	1,450
282	—	1,135	18	0,75	0,700
283	—	1,095	17,5	0,73	0,900
284	—	1,285	25	0,95	1,100
285	—	1,18	20	0,81	0,900
287	—	1,23	22,5	0,88	1,050
288	—	1,26	25	0,93	1,100
290	—	1,26	24,5	0,93	1,000
292	—	1,295	24,5	0,95	1,000
467	—	1,14	23	0,84	0,800
468	—	1,15	22	0,83	1,200
469	—	1,26	30,5	1,02	1,400
472	—	1,09	20	0,76	1,200
473	—	1,15	20,5	0,80	1,300
474	—	1,12	19	0,76	1,000
476	—	1,17	21	0,82	1,000
501	—	1,27	25,5	0,95	1,300

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
502	8 à 9 ans.....	1,33	28	1,02	1,500
503	—	1,34	23,7	0,95	1,200
504	—	1,38	26	1,02	1,500
505	—	1,38	26,9	1,03	1,700
506	—	1,43	30,1	1,11	1,800
314	10 à 11 ans.....	1,295	22,5	0,91	1.000
315	—	1,325	27	1,00	1,300
316	—	1,39	35.5	1,17	1,500
317	—	1,28	26	0,96	1,200
320	—	1,32	26,5	0,99	1,300
321	—	1,17	21	0,82	0,900
322	—	1,45	39	1,25	1,700
323	—	1,41	31	1,11	1,450
324	—	1,31	25,5	0,97	1,200
325	—	1,215	21,5	0,85	1,200
326	—	1.39	32	1,12	1,400
327	—	1,24	24	0,91	1,250
328	—	1,275	25	0,94	1,300
329	—	1,275	25	0,94	1,200
330	—	1,31	31,5	1,06	1,350
331	—	1,26	28	0,98	1,150
477	—	1,32	27	1,00	1,600
478	—	1,27	24	0,92	1,600
479	—	1.32	38,8	1,17	1,900
481	—	1,26	27	0,97	1,600
483	—	1,37	35	1,15	2,000
484	—	1,32	25	0,96	1,400
486	—	1,44	37	1,22	1,700
507	—	1,325	24,5	0,96	1,400
508	—	1,38	27,5	1,04	1,500
509	—	1,39	37	1,19	1,900
510	—	1,43	42,6	1,28	2,100
511	—	1,32	25	0,96	1,200
512	—	1,38	28,5	1,06	1,600
332	11 à 12 ans.....	1,38	30	1,08	1,400
333	—	1,33	33	1,09	1,400
335	—	1,38	30,5	1,09	1,650
337	—	1,475	35	1,21	1,700
338	12 à 14 ans.....	1,35	36,5	1,16	1,600
339	—	1,325	25,5	0,98	1,300
340	—	1,305	24,5	0,95	1,250
343	—	1,55	41	1,34	2,400
344	—	1,47	43	1,32	1,900
347	—	1,52	43,5	1,36	2,200
350	—	1,345	30,5	1,07	1,550
351	—	1,405	36	1,18	1,600
353	—	1,51	37,5	1,27	2,200
248	—	1,55	49	1,45	2,800
488	—	1,34	27	1,01	1,500

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	—
489	12 à 14 ans.....	1,56	54	1,52	2,800
490	—	1,27	30	1,02	1,500
494	—	1,51	58	1,53	2,800
495	—	1,43	46	1,33	2,000
497	—	1,53	52	1,47	3,000
498	—	1,48	46	1,36	2,400
513	—	1,41	33,3	1,15	1,500
514	—	1,47	37	1,23	1,900
515	—	1,28	28,3	1.01	1,800
516	—	1,33	31,4	1,07	1,900
517	—	1,35	26,5	1,01	1,600
518	—	1,39	28	1,05	1,700
519	—	1,41	28,4	1,08	1,500
520	—	1,47	32	1,16	1,600
521	—	1,48	29,8	1,13	1,900
522	—	1,54	34,1	1,23	2,100
523	—	1,43	37,5	1,22	2,200
524	—	1,47	44,8	1,34	2,300
525	—	1,40	31,5	1,12	1,700
526	—	1,47	35	1,21	2,100
528	—	1,50	36,2	1,25	2,300
529	—	1,47	30,8	1,14	1,900
530	—	1,54	35,9	1,26	2,200

Enfants insuffisants respiratoires (Filles).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
—	—	—	—	—	—
302	7 à 8 ans	1,17	23	0,86	0.700
303	—	1,155	19	0,78	0,650
470	—	1,15	23	0,84	0.400
277	8 à 9 ans	1,19	21	0,83	0,700
286	—	1,425	30	1,11	1,150
291	—	1,25	25,5	0,94	0,900
475	—	1,21	29	0,97	1,000
318	10 à 11 ans.....	1,33	28,5	1,03	1,150
319	—	1,40	45,5	1,30	1,550
487	—	1,25	30	1,01	1,100
334	11 à 14 ans.....	1,375	41,5	1,24	1,150
345	—	1,55	44	1,38	2,000
348	—	1,535	55	1,52	2,400
349	—	1,465	36,5	1,23	1,500
354	—	1,485	55,5	1,48	1,800
491	—	1,31	20	1,01	0,500
492	—	1,50	65	1,59	1,900
496	—	1,45	37	1,23	1,600

Enfants entraînés (Filles).

N°	Age	Taille en mètres	Poids en kg.	Surface du corps en m2	Capacité vitale en litres
247	6 à 8 ans.....	1,185	21,5	0,84	1,400
299	—	1,13	19	0,77	1,000
300	—	1,13	18,3	0,76	1,050
311	—	1,16	20	0,80	1,100
462	—	1,06	19	0,74	1,200
463	—	1,05	17	0,70	1,200
276	8 à 9 ans.....	1,23	23,5	0,89	1,500
280	—	1,22	20,5	0,84	1,200
289	—	1,20	24	0,88	1,300
471	—	1,16	27	0,91	1,600
313	10 à 11 ans.....	1,155	19,5	0,79	1,200
480	—	1,40	32	1,12	2,100
482	—	1,23	22	0,87	1,500
485	—	1,31	28	1,01	1,900
336	11 à 14 ans.....	1,245	22,5	0,89	1,300
341	—	1,29	28	1,00	1,500
342	—	1,44	35	1,18	2,200
346	—	1,565	41,5	1,36	2,800
352	—	1,44	34	1,18	2,000
493	—	1,46	44	1,32	3,000
527	—	1,43	31,8	1,13	2,200

A l'aide des tableaux qui précèdent, nous avons calculé pour chaque catégorie de sujets la moyenne de chacun des facteurs taille, poids, surface corporelle et capacité vitale. Nous donnerons plus loin un tableau de ces moyennes où nous comparerons la valeur spirométrique de la capacité vitale et celle résultant du calcul d'après la formule que nous avons établie avec le Professeur agrégé R. Fabre.

IV

ETABLISSEMENT D'UNE FORMULE NOUVELLE SA DISCUSSION

Nous avons vu dans un précédent chapitre les raisons qu'on avait de comparer l'indice spirométrique à la taille, au poids et à la surface corporelle du sujet examiné. Nous avons donc cherché à faire entrer ces trois facteurs dans l'établissement d'une formule simple qui permît le calcul rapide de la capacité vitale théorique. Pour l'adulte normal, il était tout naturel de penser que cette valeur devait varier parallèlement à l'ensemble des trois données. La formule empirique

$$CV = T + P + S;$$

nous a paru suffisamment précise.

CV étant la capacité vitale;
T, la taille;
P, le poids;
S, la surface du corps.

Pour obtenir la capacité vitale en litres, il nous fallait choisir des unités comparables. La taille étant exprimée en mètres et la surface en mètres carrés, il était par suite peu logique d'exprimer le poids en kilogrammes; il fallait une unité du même ordre de grandeur biologique, soit 100 fois plus grande; aussi avons-nous remplacé P par $\frac{P}{100}$, et nous nous sommes arrêté à la relation :

$$CV \text{ litres} = T^{m} + \frac{P^{kg}}{100} + S^{m^2}.$$

Il nous a été facile de vérifier qu'en effet on aboutissait, en remplaçant T, P et S par leur valeur, à une capacité vitale très voisine de celle déterminée expérimentalement chez l'homme adulte normal, et cela avec une approximation d'environ 5 à 10 p. 100.

1° Nous pourrons donc considérer que nous restons dans les limites de la normale tant que la valeur expérimentale de CV ne s'écartera pas de plus de 10 p. 100 en plus ou en moins du résultat obtenu par le calcul.

2° Si l'indice spirométrique se trouve inférieur à :

$$\text{CV calculée} - 10\ \%,$$

le sujet est un insuffisant respiratoire.

3° S'il est supérieur à :

$$\text{CV calculée} + 10\ \%,$$

le sujet doit être considéré comme entraîné.

Prenons quelques exemples :

1° *Hommes normaux :*

N° 20. — T = 1 m. 70; P = 67 kg.; S = 1 m² 77.

$$CV = 1{,}70 + \frac{67}{100} + 1{,}77 = 4\ l.\ 14.$$

Le spiromètre nous donnait : 4 l. 100. Différence : — 1 %.

N° 30. — T = 1 m. 65; P = 59 kg.; S = 1 m² 65.

CV = 3 l. 89 d'après la formule.

Au spiromètre, on avait obtenu : 4 l. 000. Différence : + 3 %.

N° 90. — T = 1 m. 72; P = 72 kg.; S = 1 m² 83.

CV = 4 l. 27.

La méthode spirométrique indiquait : 4 l. 200. Différence : — 2 %.

N° 160. — T = 1 m. 75; P = 61 kg.; S = 1 m² 73.

CV = 4 l. 09.

L'indice spirométrique expérimental était : 3 l. 800. Différence : — 7 %.

Mais nous devons ici faire remarquer que nous avons classé dans nos tableaux de mesures les sujets en normaux, insuffisants et entraînés, d'après les seules probabilités que nous

avaient fourni l'interrogatoire et un examen médical sommaire. Et l'on ne devra pas s'étonner que certains, pris dans la catégorie des sujets normaux par exemple, aient une capacité vitale réelle s'éloignant de plus de 10 p. 100 du nombre obtenu par le calcul; c'est ainsi qu'on peut constater une légère insuffisance respiratoire ou une capacité vitale sensiblement supérieure à la moyenne chez des sujets que l'on était en droit de considérer comme normaux. Nous aurions pu, par la comparaison des résultats théorique et réel, rectifier notre classification primitive; mais nous avons tenu à la conserver telle quelle pour bien montrer que l'intérêt de la méthode est précisément de dépister ces cas où rien ne pouvait faire prévoir un écart aussi marqué.

Voici d'ailleurs deux exemples :

N° 60. — T = 1 m. 74; P = 71 kg.; S = 1 m² 84.
CV calculée = 4 l. 29. CV spiran. = 5 l. 000.
L'écart est égal à + 17 %. Sujet robuste.

N° 130. — T = 1 m. 68; P = 50 kg.; S = 1 m² 55.
CV calculée = 3 l. 73. CV spirom. = 3 l. 300.
La différence est de — 13 %. Légère insuffisance respiratoire.

2° *Hommes insuffisants respiratoires :*

Ici, l'insuffisance respiratoire était prévue et se marque par des écarts parfois considérables.

N° 141. — T = 1 m. 66; P = 60 kg.; S = 1 m² 65.
CV = 3 l. 91 (capacité vitale calculée).
Au spiromètre, nous avions : 3 l. 300.

N° 161. — T = 1 m. 72; P = 90 kg.; S = 2 m² 02.
CV = 4 l. 64 (capacité vitale calculée).
Au spiromètre : 4 l. 200.

N° 121. — T = 1 m. 55; P = 65 kg.; S = 1 m² 62.
CV = 3 l. 82 (capacité vitale calculée).
Par la mesure spirométrique : 2 l. 500.

N° 171. — T = 1 m. 73; P = 94 kg.; S = 2 m² 08.

CV = 4 l. 75 (capacité vitale calculée).

Et on avait obtenu : 3 l. 600 au spiromètre.

3° *Hommes entraînés :*

Là encore, on constate souvent des chiffres infiniment supérieurs à ceux que donne le calcul.

N° 24. — T = 1 m. 74; P = 65 kg.; S = 1 m² 78.

CV = 4 l. 17 (capacité vitale calculée).

Et l'on a : 5 l. 300 au spiromètre.

N° 74. — T = 1 m. 68; P = 54 kg.; S = 1 m² 60.

CV = 3 l. 82 (capacité vitale calculée).

Au spiromètre : 4 l. 500.

N° 104. — T = 1 m. 72; P = 76 kg.; S = 1 m² 88.

CV = 4 l. 36 (capacité vitale calculée).

On obtient, par la mesure : 5 l. 800 au spiromètre.

N° 134. — T = 1 m. 67; P = 73 kg.; S = 1 m² 81.

CV = 4 l. 21 (capacité vitale calculée).

On a noté : 5 l. 400 au spiromètre.

Pour ces deux dernières catégories de sujets, on pourra également trouver dans les tableaux certains cas où l'application de la formule montre que le sujet n'est pas, comme on l'aurait cru, un insuffisant ou un entraîné; dans le premier cas, il s'agit d'un sujet ayant eu par exemple des lésions pulmonaires, mais qui ont guéri au point que le sujet a récupéré une valeur fonctionnelle normale de ses poumons; dans le second, ce sera un sportif dont l'entraînement a sans doute été mal conduit, et qui marque ainsi la défaillance possible de son organisme (et nous avons noté des cas où le surentraînement décelé au spiromètre se révélait peu après par une déficience nette du sujet dans la pratique de l'exercice

auquel il avait voulu se préparer). Ici encore, nous avons voulu laisser figurer les mesures de ces sujets là où elles avaient été placées en s'en tenant aux renseignements recueillis en dehors des déterminations spirométriques.

*
* *

Chez la femme, la même formule que chez l'homme est applicable, mais à condition de multiplier la somme obtenue par un coefficient qui a été trouvé égal à 85 p. 100. Nous écrirons donc :

$$CV^{l.} = \left(T^{m} + \frac{P^{kg.}}{100} + S^{m^2}\right) \frac{85}{100}$$

1° Sera donc considérée comme normale toute femme chez laquelle l'indice spirométrique s'éloignera de la valeur théorique calculée de moins de 10 p. 100 en plus ou en moins. Exemples :

N° 250. — T = 1 m. 52; P = 70 kg.; S = 1 m² 67.

$$CV = (1{,}52 + 0{,}70 + 1{,}67)\ \frac{85}{100} = 3\ l.\ 315.$$

Résultat spirométrique : 3 l. 400.

N° 271. — T = 1 m. 53; P = 53 kg.; S = 1 m² 48.
CV = 2 l. 909 (capacité vitale calculée).
Au spiromètre : 2 l. 900.

2° L'insuffisance respiratoire commencera à partir du moment où l'indice spirométrique sera inférieur à CV calculée, de plus de 10 p. 100. On aura par exemple :

N° 365. — T = 1 m. 62; P = 58 kg.; S = 1 m² 61.
CV = 3 l. 238 (capacité vitale calculée).
Et l'on a obtenu : 1 l. 600 au spiromètre.

N° 270. — T = 1 m. 50; P = 66 kg.; S = 1 m² 61.
CV = 3 l. 214 (capacité vitale calculée).
L'indice spirométrique est : 2 l. 200.

3° Chez les sujets entraînés, l'écart en plus se montrera supérieur à 10 p. 100, et l'on trouve :

N° 243. — T = 1 m. 68; P = 61 kg.; S = 1 m² 68.
CV = 3 l. 374 (capacité vitale calculée).
On a obtenu : 4 l. 300 au spiromètre.

N° 246. — T = 1 m. 60; P = 50 kg.; S = 1 m² 49.
CV = 3 l. 051 (capacité vitale calculée).
Expérimentalement, on a : 3 l. 800 au spiromètre.

Nous avons ensuite étudié la relation chez l'enfant, et nous avons pu voir que, là encore, il est facile de calculer la CV théorique en appliquant la même formule dans laquelle entrera un coefficient K, qui sera variable avec l'âge du sujet.

On a :

$$CVl. = (T^{m} + \frac{P^{kg.}}{100} + S^{m^2}) \times K.$$

Pour déterminer K, il nous suffit d'utiliser les moyennes des mesures obtenues pour chaque âge chez les sujets normaux. Nous remplaçons les facteurs T, P et S par leur valeur moyenne, et nous comparons le résultat obtenu avec le résultat spirométrique. Nous avons ainsi pour K un chiffre qui correspond à la valeur normale de CV pour l'âge considéré. Voici la valeur de K aux différents âges :

Garçons :

5 à 7 ans ..... K $= \frac{53}{100}$

8 à 10 ans ..... K $= \frac{61}{100}$

10 à 12 ans ..... K $= \frac{66}{100}$

13 à 14 ans ..... K $= \frac{73}{100}$

Filles :

6 à 8 ans ..... $K = \frac{42}{100}$.

8 à 9 ans ..... $K = \frac{49}{100}$.

10 à 11 ans ..... $K = \frac{53}{100}$.

11 à 14 ans ..... $K = \frac{60}{100}$ { 11 à 12 ans ..... $K = \frac{54}{100}$. 12 à 14 ans ..... $K = \frac{63}{100}$.

Comme pour les adultes, nous considérons que les marges de variation normales sont de 10 p. 100 en plus ou en moins de la CV calculée. Lorsque cette valeur est dépassée de plus de 10 p. 100, le sujet est entraîné; lorsque l'on a un indice inférieur de plus de 10 p. 100, on est en présence d'un insuffisant respiratoire.

Voici quelques exemples pris dans divers groupes :

1° *Sujets normaux :*

Garçons :

N° 233. — T = 1 m. 15; P = 19 kg. 2; S = 0 m² 78.

Groupe : 8 à 10 ans. — Donc : $K = \frac{61}{100}$.

$$CV = \left(1{,}15 + \frac{19{,}2}{100} + 0{,}78\right)\frac{61}{100} = 1\ 1.\ 293.$$

On a trouvé : 1 l. 300 au spiromètre.

N° 183. — T = 1 m. 31; P = 25 kg.; S = 0 m² 96.

Groupe : 10 à 12 ans. — Donc : $K = \frac{66}{100}$.

CV = 1 l. 663 (capacité vitale calculée).

Au spiromètre : 1 l. 600.

Filles :

N° 464. — T = 1 m. 11; P = 20 kg. 5; S = 0 m² 78.

Groupe : 6 à 8 ans. — $K = \frac{42}{100}$.

CV = 0 l. 877 (capacité vitale calculée).

Indice spirométrique : 0 l. 900.

N° 337. — T = 1 m. 475; P = 35 kg.; S = 1 m² 21.

Groupe : 11 à 14 ans. — $K = \frac{60}{100}$.

CV = 1 l. 821 (capacité vitale calculée).

On a obtenu : 1 l. 700 au spiromètre.

2° *Insuffisants respiratoires :*

Garçons :

N° 178. — T = 1 m. 38; P = 30 kg.; S = 1 m² 08.

Groupe : 10 à 12 ans. — $K = \frac{66}{100}$.

CV = 1 l. 821 (capacité vitale calculée).

Or, on a : 1 l. 100 au spiromètre.

Filles :

N° 302. — T = 1 m. 17; P = 23 kg.; S = 0 m² 86.

Groupe : 6 à 8 ans. — $K = \frac{42}{100}$.

CV = 0 l. 949 (capacité vitale calculée).

On obtient au spiromètre : 0 l. 700.

3° *Entraînés :*

Garçons :

N° 202. — T = 1 m. 325; P = 30 kg.; S = 1 m² 05.

Groupe : 10 à 12 ans. — $K = \frac{66}{100}$.

CV = 1 l. 762 (capacité vitale calculée).

Le spiromètre a donné : 2 l. 100.

Filles :

N° 247. — T = 1 m. 185; P = 21 kg. 5; S = 0 m² 84.

Groupe 6 à 8 ans. — $K = \frac{42}{100}$.

CV = 0 l. 940 (capacité vitale calculée).

La méthode spirométrique a fourni : 1 l. 400.

Nous voyons donc que la formule énoncée est d'application tout à fait générale; on objectera sans doute qu'elle n'est cependant exacte chez l'enfant qu'à condition d'apporter une correction en fonction de l'âge par l'introduction du coefficient K; en réalité, ce n'est là qu'une irrégularité apparente, car nous devons remarquer que si l'enfant a une capacité vitale moins forte proportionnellement que celle de l'adulte, cela provient uniquement de son rythme respiratoire plus rapide. Plus l'enfant est jeune, et par conséquent plus sa taille, son poids et sa surface sont faibles en valeur absolue, plus le nombre de respirations qu'il effectue par minute est grand. Il n'est donc pas surprenant que la capacité vitale de l'enfant soit d'autant plus faible par rapport à la somme taille + poids + surface que l'enfant est plus petit. D'où les coefficients introduits dans la formule, et qui vont en effet en décroissant à mesure que l'on considère des sujets plus jeunes.

Nous allons maintenant rassembler dans un tableau les moyennes de chacun des groupes (hommes normaux, insuffisants, entraînés; femmes normales, insuffisantes, entraînées; enfants, garçons et filles), précédemment étudiés. Nous y indiquerons la capacité vitale observée au spiromètre et celle calculée d'après notre formule; il sera donc facile de comparer dans les deux dernières colonnes les résultats qui se correspondent approximativement pour les individus normaux, et qui divergent dans un sens ou dans l'autre chez les insuffisants et les entraînés.

	AGE	Tm	Pkg	Sm2	CVI au spiromètre		CVI calculée
I. — ADULTES :							
1° Hommes.							
Normaux	18 à 25 ans	1,719	68,48	1,801	4,461	— ±10%	4,200
	25 à 50 ans	1,684	62,90	1,706	4,127		4,019
Insuffisants	18 à 25 ans	1,737	77,59	1,894	3,927	<	4,407
	25 à 40 ans	4,696	76,46	1,862	3,586		4 322
	plus de 40 ans.	1,680	72,93	1,807	2,725		4,216
Entraînés	18 à 25 ans	1,709	66,79	1,764	5,193	>	4,141
	25 à 40 ans	1,701	63,50	1,725	4,975		4,061
2° Femmes.							
Normales	18 à 25 ans	1,598	65,07	1,681	3,414	= ± 10%	3,340
	25 à 40 ans	1,549	54,21	1,504	2,857		3,055
	plus de 40 ans..	1,571	58,50	1,570	2,925		3,167
Insuffisantes	18 à 25 ans	1,577	63,75	1,640	2,200	<	3,275
	25 à 40 ans	1,572	57,00	1,555	1,750		3,142
	plus de 40 ans..	1,502	60,66	1,547	1,833		3,106
Entraînées	18 à 25 ans	1,618	55,18	1,565	3,742	>	3,174
II. — ENFANTS :							
1° Garçons.							
Normaux	5 à 7 ans	1,134	19,97	0,790	1,146	=	1,124
	8 à 10 ans	1,204	23,07	0,872	1,407		1,406
	10 à 12 ans	1,313	27,63	1,003	1,682		1,704
	13 à 14 ans	1,415	35,85	1,182	2,162		2,157
Insuffisants	5 à 7 ans	1,235	21,70	0,865	0,850	<	1,228
	8 à 10 ans	1,220	22,36	0,866	0,920		1,408
	10 à 12 ans	1,328	29,62	1,045	1,225		1,761
	13 à 14 ans	1,508	45,64	1,374	2,043		2,503
Entraînés	5 à 7 ans	1,125	19,25	0,770	1,500	>	1,106
	8 à 10 ans	1,252	23,83	0,940	1,900		1,494
	10 à 12 ans	1,316	30,00	1,045	2,116		1,756
	13 à 14 ans	1,501	43,12	1,342	3,050		2,390
2° Filles.							
Normales	6 à 8 ans	1,129	20,80	0,797	0,898	=	0,896
	8 à 9 ans	1,231	23,50	0,895	1,155		1,156
	10 à 11 ans	1,328	31,17	1,106	1,444		1,454
	11 à 12 ans	1,391	32,12	1,117	1,537		1,527
	12 à 14 ans	1,437	39,12	1,205	1,970		1,971
Insuffisantes	6 à 8 ans	1,158	21,66	0,826	0,583	<	0,924
	8 à 9 ans	1,268	26,37	0,962	0,937		1,218
	10 à 11 ans	1,326	31,66	1,113	1,266		1,476
	11 à 14 ans	1,453	45,31	1,335	1,606		1,944
Entraînées	6 à 8 ans	1,119	19,13	0,768	1,158	>	0,872
	8 à 9 ans	1,202	23,75	0,880	1,400		1,136
	10 à 11 ans	1,274	25,37	0,947	1,675		1,341
	11 à 14 ans	1,410	33,83	1,151	2,143		1,739

CONCLUSIONS

Les méthodes de détermination indirecte de la capacité vitale en fonction de la taille, du poids ou de la surface corporelle de l'individu examiné se montrent, en général, peu précises et ne sont pas susceptibles d'une application générale.

A la suite d'un grand nombre de mesures, nous avons pu obtenir une formule capable de fournir, dans tous les cas, la valeur normale de la capacité vitale du sujet en fonction des trois facteurs somatiques qui le définissent. Elle s'exprime par la relation :

$$CV = T + \frac{P}{100} + S,$$

CV étant la capacité vitale en litres,
T la taille en mètres,
P le poids en kilogrammes,
S la surface corporelle en mètres carrés.

Cette formule simple donne une approximation de 5 à 10 p. 100.

Applicable à l'homme, elle le devient à la femme, si on l'écrit :

$$CV = \left(T + \frac{P}{100} + S\right) \times \frac{85}{100}$$

et à l'enfant, sous la forme :

$$CV = \left(T + \frac{P}{100} + S\right) \times K$$

K étant un facteur variable en fonction de l'âge, et dont nous avons donné les diverses valeurs.

La comparaison de la capacité vitale théorique ainsi calculée avec le résultat fourni par la méthode spirométrique permet de dire si le sujet examiné est normal, insuffisant

respiratoire, ou entraîné. D'où l'intérêt de ces recherches dans le contrôle médical des sportifs et dans le dépistage de l'insuffisance respiratoire chez l'enfant.

Les résultats de nos mesures prouvent, en outre, que la valeur moyenne de la capacité vitale chez l'homme est nettement supérieure à celle qu'on considère classiquement comme normale.

La moyenne générale obtenue chez l'homme est de 4 l. 250.

Chez les sujets jeunes, de 18 à 25 ans, elle atteint même 4 l. 450.

Chez la femme, notre moyenne est environ 3 l. 100.

Quant aux variations en plus ou en moins, elles peuvent être considérables; en moyenne, l'accroissement chez les sujets entraînés et la diminution chez les insuffisants sont égaux à 25 p. 100 de la capacité vitale normale correspondante.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et, s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession honoré à jamais parmi les hommes; si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Vu : *Le Doyen*,
PIERRE MAURIAC.

Vu, bon a imprimer :
Le Président,
H. DELAUNAY.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 17 juillet 1936.
Le Recteur de l'Académie,
A. TERRACHER.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Baldwin. — Breathing capacity according to height and age of american born boys and girls of school age. *Amer. Journ. of Physiol. Anthropol.*, déc. 1928.

Billard. — L'indice de puissance de ventilation pulmonaire. Ses variations individuelles. *C. R. Soc. de biol.*, 26 janv. 1918.

Billard et Gourdon. — Ventilation pulmonaire apparente. *C. R. Soc. de biol.*, 1926, 94, I.

Du Bois (E.-F.) et Delafield Du Bois. — The measurement of the surface area of man. *Arch. int. méd.*, 1915, XV, 868; 1916, XVII, 863.

Dreyer. — The vital capacity constants. *The Lancet*, 5 juin 1920.

Fabre (R.) et Escolle (L.). — Détermination indirecte de la capacité vitale chez l'homme. — *C. R. Soc. de biol.*, 16 déc. 1932.

Fabre (R.) et Guichard (R.). — Les différents éléments de la capacité vitale. *Gaz. hebd. des sc. méd. de Bordeaux*, novembre 1935.

Faillie (R.-F.). — Mesure de la surface du corps de l'homme et de la femme. *Journ. de physiol. et de path. gén.*, juill. 1924.

Guichard (R.). — Valeurs comparées des différents éléments de la capacité vitale. Thèse Bordeaux, 1935.

Hecht. — Essai sur la spirométrie. Thèse Strasbourg, 1855.

Hutchinson. — On the capacity of the lungs and on the respiratory functions. *Tr. Méd. Chir.*, 1846, 29, 137.

Jackson et Lees. — The correlation between vital capacity and various physical measurements in one hundred healthy male university students. *Amer. Journ. of Physiol.*, janv. 1929.

Janet. — Le métabolisme basal en clinique. Thèse Paris, 1922.

Lambolez. — Les procédés physiques d'exploration de la fonction pulmonaire. *Biol. méd.*, févr. 1926.

Lassablière (P.). — La mesure de la surface du corps de l'enfant, son intérêt; nouveaux procédés. *La Médecine*, sept. 1924.

Latarjet (A.) et Simonet (M.-L.). — A propos du coefficient de Spehl. *C. R. Congr. de méd. appliquée à l'E. P.*, sept. 1934.

Lemon et Mœrsch. — Comparison of constants for the determination of vital capacity. *Arch. int. méd.*, janv. 1924.

— Factors influencing vital capacity. *Ibid.*

— Basal metabolism and vital capacity. *Ibid.*

Ludsgaard et Van Slyke. — Relation betwen thorax size and lung volume in normal adults. *J. exp. méd.*, 1918.

Meeh. — *Zeitschr. f. Biol.*, 1879, XV, 425.

Mœrsch. — The vital capacities of one thousand surgical patients. *Arch. int. méd.*, 1926, vol. XXXVII, p. 128.

Myers, Le Roy, Maeder. — The vital capacity of the lungs of 419 firemen. *Arch. int. méd.*, févr. 1925.

Peabody. — The clinical importance of VC of the lungs. *Northwert. Méd.*, oct. 1922.

Pescher. — L'entraînement respiratoire par la méthode spiroscopique.

Piolti. — Recherches sur la CV pulmonaire, ses relations avec certaines mesures du corps suivant les races. *Biol. méd.*, 1930, p. 198.

René. — Relations qui existent entre taille, capacité vitale, etc. *Gaz. hôp. Paris*, 1880.

Roussy (B.). — Méthode empirique extrarapide pour calculer la surface du corps humain. *Bull. Acad. de méd.*, 1er juill. 1924.

Shepart (W.) et Myers (J. A.). — A comparison of vital capacity standard in three thousand five hundred and thirty four male university students. *Arch. int. méd.*, 1926.

Spehl. — La lutte contre la tuberculose pulmonaire. — Bruxelles et Paris, 1919.

Stévenin. — Le métabolisme basal à l'état physiologique. *Biol. méd.*, janv. 1931.

Ströhl. — Etude comparative des divers procédés d'exploration de la capacité respiratoire. *Journ. de physiol. et path. gén.*, 1919, t. XVIII, n° 2.

19.714. — Bordeaux, Imprimerie Centrale Delmas, 6, place Saint-Christoly. — 1936.